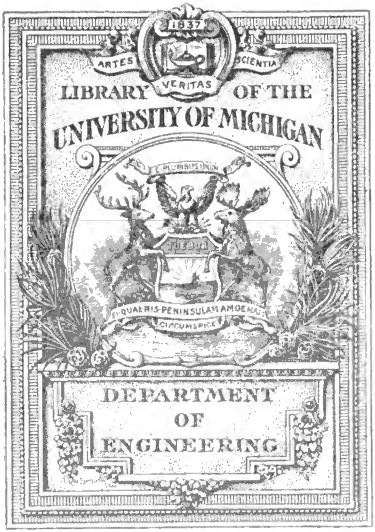
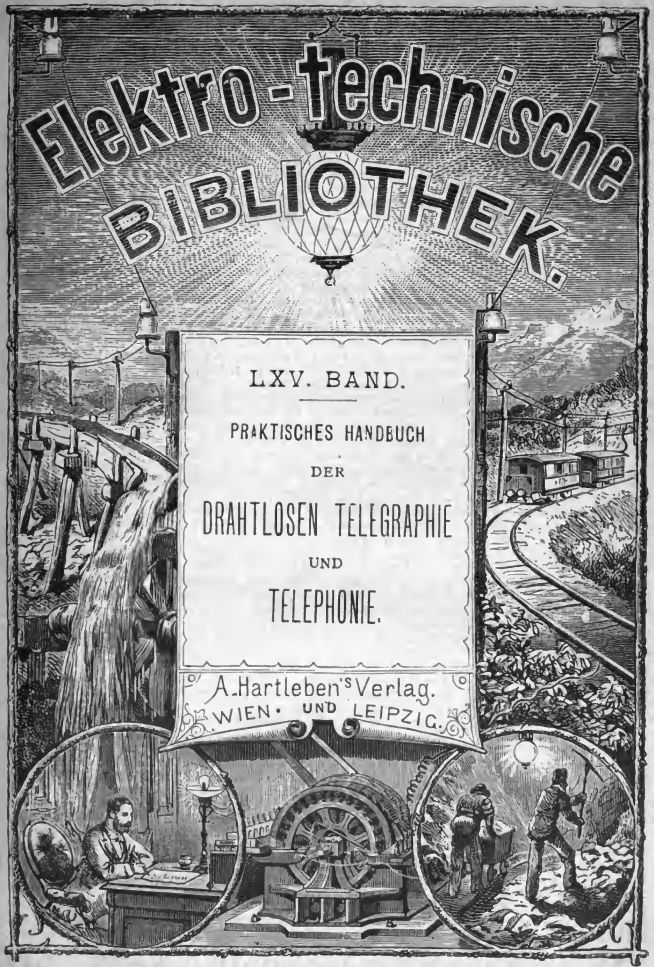
Praktisches handbuch der drahtlosen telegraphie und telephonie

Johannes Zacharias, Hermann Heinicke


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

Engineering
Library
TK
5242
.Z16

Digitized by Google


Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
LXV. BAND.
PRAKTISCHES HANDBUCH
DER
DRAHTLOSEN TELEGRAPHIE
UND
TELEPHONIE.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · UND LEIPZIG.

A. Hartleben's elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrierten Bänden geheftet à 3 K 30 h = 3 Mark, geb. à 4 K 40 h = 4 Mark.
Ab Band LVII kostet jeder Band geh. 4 K 40 h = 4 Mark; geb. 5 K 50 h = 5 Mark.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Glaser-De Cew. Die dynamo-elektrischen Maschinen. Ihre Geschichte, Grundlagen, Konstruktion und Anwendungen. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 4. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht und die elektrische Heizung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 4. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 4. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 3. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militär. Zwecke. Von Dr. Fr. Wächter. 2. Aufl. — XVI. Band. Die elektr. Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. 2. Aufl. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektricität u. des Magnetismus, von 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Konstruktion und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektricität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabriksmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band. Elektricität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. W. Gessmann. 2. Auflage. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen. Von Etienne de Fodor. — XL. Band. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. Die elektrischen Verbrauchsmesser. Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. Die elektrische Schweissung und Löthung. Von Etienne de Fodor. — XLV. Band. Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis. Von J. Sack. — XLVI. Band. Elektricität direct aus Kohle. Von Etienne de Fodor. — XLVII., XLVIII., XLIX. und L. Band. Angewandte Elektrochemie. In vier Bänden. Von Dr. Franz Peters. I. Band, Die Primär- und Secundär-Elemente. II. Band, 1. und 2. Abthlg., Anorganische Elektrochemie. III. Band, Organische Elektrochemie. — LI. und LII. Band, Materialistisch-hypothetische Sätze und Erklärung des Wesens und der Kraftäusserungen des elektrischen Fluidums. In 2 Bd. Von Dr. F. Ph. Stögermayr. — LIII., LIV., LV. u. LVI. Bd. Elektrometallurgie u. Galvanotechnik. Ein Hand- u. Nachschlagebuch f. d. Gewinnung u. Bearb. d. Metalle a. elektr. Wege. In 4 Bd. Von Dr. Fr. Peters. — LVII. Bd. Elektrische Straßenbahnen. Von Johannes Zacharias. — LVIII., LIX., LX. u. LXI. Bd. Wechselstromtechnik. In 4 Bdn. Von M. T. Zsakula. — LXII. Bd. Die elektrische Bühnen- und Effektbeleuchtung. Von Dr. Th. Weil. — LXIII. Bd. Kathoden- und Röntgenstrahlen. Von Dr. Friedrich Neseen. — LXIV. Bd. Elemente d. Elektrizität u. Elektrotechnik f. Bergleute. Von V. Kadainkэ. — LXV. Bd. Handbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie. Von J. Zacharias u. H. Heinicke.

A. Hartleben's Verlag in Wien und Leipzig.

PRAKTISCHES HANDBUCH

DER

DRAHTLOSEN TELEGRAPHIE

UND

TELEPHONIE.

VON

JOHANNES ZACHARIAS

UND

HERMANN HEINICKE,

INGENIEURE.

MIT 78 ABBILDUNGEN UND ZAHLREICHEN TABELLEN.

WIEN UND LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1908.

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

Druck von Friedrich Jasper in Wien

Digitized by Google

Vorwort.

Die drahtlose Telegraphie hat in den wenigen Jahren ihres Bestehens einen derartigen Umfang und eine so vielseitige Ausbildung erreicht, daß deren Einrichtungen und Errungenschaften in einem verhältnismäßig kleinen Bande nicht alle dargestellt werden können. Anderseits sind auch bereits zahlreiche Werke vorhanden, welche die verschiedenen Erfindungen auf diesem Gebiete zum Teil recht ausführlich darstellen, jedoch auf die Praxis wenig Rücksicht nehmen. Die Verfasser haben sich in dem vorliegenden Werke bemüht, durch entsprechende Auswahl des Vorhandenen das Verständnis auch für hier nicht berücksichtigte Ausführungsformen von Apparaten und Anlagen zu vermitteln, anderseits aber durch Übersichten der Literatur und Patente, welche bereits sehr zahlreich sind, ein eventuell eingehenderes Studium des Gegenstandes zu erleichtern. Die drahtlose Telephonie konnte in ihrer ganzen Tragweite noch nicht dargestellt werden, da hier vieles noch im Werden begriffen ist. Durch freundliches Entgegenkommen von Fabriken und Gesellschaften für drahtlose Telegraphie und von Inhabern der Patente wurde es den Verfassern möglich, auch die neuesten Fortschritte auf den bezüglichen Gebieten zu berücksichtigen.

Die Verfasser.

261149

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	V
Einleitung	1
I. Apparate und Schaltungen	26
1. Die Stromquellen	26
2. Induktionsapparate und Wellenerreger	30
3. Ungedämpfte elektrische Wellen	33
4. Systeme und Schaltungen der drahtlosen Telegraphie Geberschaltungen: Marconi, Braun, Slaby, Telefunken, Stationsschaltung, Marconi (geschlossene Geberschaltung), de Forrest, Fessenden, Eisenstein, Heinicke, Braunerhjelm.	35
5. Die Wellenempfänger Fritter, Elektrolytempfänger von: Schlömilch, Fessenden, de Forrest, Schäfer; Magnetempfänger; v. Lepels Empfänger.	63
6. Empfangseinrichtungen Gekoppelte Empfangssysteme: Marconi-Transformator, Transformator von Braun, Abstimmspule nach Slaby-Arco, Empfangstransformator von Heinicke, Empfängerschaltung nach Marconi.	71
7. Einige wichtige Patente Patente von Sende-Apparaten und -Schaltungen, Empfängerpatente.	79
8. Literatur	88
II Einrichtung der Stationen	98
1. Allgemeines	98
2. Einrichtung und Herstellung der Luftleiter	101
3. Station Nauen	109
4. Fahrbare Stationen	118
5. Tragbare Stationen	123
6. Meßapparate Wellenmesser von: Slaby, Drude, Dönitz, Flemming, Eisenstein. Dämpfungsmesser von: Telefunken, Drude, Messung kleiner Kapazitäten, Literatur, Patente.	129

Seite

III. Betrieb und Unterhaltung 145
1. Abstimmung 145
2. Wichtige Ergebnisse aus Theorie und Praxis . . . 151
3. Zusammenarbeiten der Apparate und Stationen . . 152
4. Unterhaltung der Apparate 153
5. Internationale Verkehrsbestimmungen 160
IV. Besondere Einrichtungen 173
1. Störung von Nachbarbetrieben 173
2. Abfangen von Telegrammen 173
3. Vorkehrungen gegen unbefugtes Abfangen von Telegrammen 174
4. Gerichtete Telegraphie 174
Systeme von: Blochmann, F. Braun, de Forrest, Artom, Telefunken, Marconi.
5. Telegraphie und Telephonie mittels ungedämpfter Schwingungen von Poulsen 191
6. Verwendung der drahtlosen Telegraphie im Eisenbahnbetriebe 199
V. Drahtlose Telephonie 201
1. Allgemeines 201
2. Fernsprechapparate 205
3. Lichttelephonie 210
4. Induktive Telephonie 212
5. Wellentelephonie 213
Drahtlose Telephonie durch die Erde, Anordnung zur Übertragung von Lauten und Tönen nach Heinicke.
6. Einige wichtige Patente 223
7. Literatur 225
Schluß 226
Anhang: Tabellen 231
1. Dielektrizitätskonstanten 231
2. Formeln für Kapazitäten 231
3. Formeln für Selbstinduktionskoeffizienten 234
4. Wechselzahlen und Wellenlängen 240
5. Beförderungszeichen der Morse-Schrift 242
Verzeichnis der Abbildungen 244
Alphabetisches Sachregister 246

Einleitung.

Allgemeines.

Bevor wir auf den Gegenstand unserer Betrachtungen näher eingehen, müssen wir zunächst erörtern, welche Naturvorgänge es sind, die uns die Möglichkeit geben, von Ort zu Ort vermittels elektrischer Apparate Nachrichten ohne verbindende Drahtleitung zu übertragen.

Im Altertume benützte man optische oder akustische Signale für den Nachrichtendienst. Auch heute noch spielt die Trommel bei wilden Völkern eine Rolle. Erst durch die Erfindungen von Örsted, Gauß und Weber, Sömmering, Wheatstone, Morse, Siemens usw. entstand unsere heutige elektrische Telegraphie. Hierzu trat vor etwa 25 Jahren noch der Fernsprecher in Verbindung mit dem Mikrophone. Alle diese Einrichtungen bedürfen jedoch einer Drahtleitung zwischen den miteinander in Verbindung tretenden Apparaten beziehungsweise Personen.

Die drahtlose Wellen-, Funken- oder Radiotelegraphie ist neueren Datums und kaum seit 10 Jahren in praktischem Gebrauche. Man benützt hierbei die von Heinrich Hertz etwa 1886 zuerst näher beobachteten elektrischen Wellen.

Schon Maxwell hatte durch Rechnung zwar nachgewiesen, daß Licht und Elektrizität auf Bewegungen

des »Weltäthers« beruhen müßten. Die Versuche von Hertz bestätigten die Maxwellschen Rechnungen. Später wurde der Schlußstein dieser Versuche, etwa 1900, durch Rubens und Hagen in deren Untersuchungen über »das optische Verhalten« der Metalle gelegt. Die letzteren wiesen nach, daß man elektrische Vorgänge aus optischen und umgekehrt aus optischen elektrische berechnen könne (durch die Methode der Reststrahlen). Die Natur des Weltäthers, welcher Licht- und elektrische Wellen fortpflanzt, war damit jedoch nicht aufgeklärt.

»Wenn wir Körper aus der Ferne aufeinander wirken sehen, so können wir uns von der Natur dieser Wirkung verschiedene Vorstellungen machen.« So schrieb Dr. Heinrich Hertz 1892 in seinen »Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft«. »Wir können«, fährt er weiter fort, »die Einwirkung als eine unmittelbare, den Raum überspringende Fernkraft betrachten oder wir können sie als die Folge einer Wirkung ansehen, welche in einem hypothetischen Medium von Punkt zu Punkt sich fortpflanzt. In den Anwendungen dieser Vorstellungen auf die Elektrizität können wir indessen noch eine Reihe feinerer Unterschiede machen.«

In dieser Annahme, daß man bei elektrischen Vorgängen eine Ausnahmestellung gegenüber anderen Naturerscheinungen zuläßt, lag bereits die Ursache, daß Hertz die tatsächlichen Vorgänge nicht aufdecken konnte. Anderseits zeigen seine Arbeiten, daß er nahe daran war, diejenige Erklärung zu geben, welche wir jetzt hier nachstehend entwickelt haben. Hertz führt vier verschiedene Erklärungsweisen an, die hier kurz wiedergegeben werden sollen.

1. Die Anziehung zweier Körper wird als eine »Art geistiger Hinneigung« beider zueinander betrachtet. Es ist die Vorstellung der reinen Fernkraft, die Vorstellung des Coulombschen Gesetzes.

2. Die Anziehung der Körper ist hier immer noch eine Art geistiger Einwirkung derselben aufeinander. Wir können sie nur dann bemerken, wenn wir mindestens zwei Körper haben, welche bestrebt sind, in jedem Punkte ihrer Umgebung »Anziehung« hervorzubringen. Man nimmt jedoch am Orte der Wirksamkeit keine Veränderung des Raumes an, sondern Sitz und Ursprung der Kraft bleibt der wirkende Körper. Dieser Standpunkt ist etwa derjenige der Potentialtheorie. Es ist auch teilweise der Standpunkt in Maxwells Werk, obwohl nicht der Standpunkt der Maxwellschen Theorie.

3. Man behält die Vorstellungen des zweiten Standpunktes bei, nimmt aber außerdem noch an, daß die unvermittelten Fernkräfte die Wirkung der getrennten Körper nicht allein bestimmen, sondern daß vielmehr die Kräfte in dem überall erfüllt gedachten Raume Veränderungen hervorbringen, welche ihrerseits Anlaß zu neuen Fernkräften geben. Die Anziehung getrennter Körper beruht also teils auf der unmittelbaren Fernewirkung derselben, teils auf dem Einflusse des veränderten Mediums. Diese Veränderung denkt man sich als eine elektrische beziehungsweise magnetische Polarisation seiner kleinsten Teile (des Mediums) unter dem Einflusse der wirkenden Kraft. Bezüglich statischer Erscheinungen wurde dieser Standpunkt von Poisson für den Magnetismus entwickelt und von Mosotti auf die elektrischen Erscheinungen übertragen. In allgemeinster Entwicklung und Ausdehnung auf das Gebiet des Elektromagnetismus finden wir diesen Standpunkt in der Theorie von Helmholtz vertreten. Im Grenzfalle suchen wir die gesamte Energie im Medium. Die mathematische Behandlung dieses Grenzfalles führt uns auf die Gleichungen Maxwells, doch ist damit noch nicht gesagt, daß dieser Standpunkt auch die Vorstellungen

Maxwells wiedergibt. Der Druck, welchen das Medium zufolge der Anziehung seiner inneren Elektrizität ausübt, zieht z. B. zwei geladene Platten gegeneinander.

4. Wir nehmen an, daß die unter Standpunkt 3 vorausgesetzte Änderung des Raumes tatsächlich vorhanden ist und diese den Einfluß vermittelt, welchen die greifbaren Körper aufeinander ausüben. Diese Polarisationen des Raumes sollen jedoch nicht die Folgen von Fernkräften sein, welche überhaupt nicht zugelassen werden, sondern jene Polarisationen betrachtet man als wirklich vorhanden und zugleich als die Ursache der Bewegungen der wägbaren Körper und sonstiger Erscheinungen. Die Erklärung des Wesens der Polarisationen, ihres Zusammenhanges und ihrer Wirkungen wird nicht gegeben oder in mechanischen Hypothesen gesucht.

Jedes Teilchen denkt sich Maxwell im Dielektrikum mit »positiver und negativer« Elektrizität belegt. Die Elektrizität in den Leitern soll mit derjenigen im Dielektrikum geschlossene Ströme bilden. Die Elektrizität soll sich wie eine inkompressible Flüssigkeit nach Maxwell bewegen.

Das Wort Elektrizität hat leider bei Maxwell einen Doppelsinn. Es bedeutet einmal dasjenige, was man bisher unter positiver und negativer Elektrizität verstand, welche mindestens den Ausgangspunkt scheinbarer Fernkräfte bildet. Es bedeutet aber auch zweitens ein hypothetisches Fluidum, von welchem auch keine scheinbaren Fernkräfte ausgehen und welches nur eine positive Größe haben kann.

Anstatt alle diese Vorstellungen zu verlassen und solche dafür zu setzen, welche unseren sonstigen Erfahrungen in der Natur entsprechen, zog Hertz diese naturgemäßen Folgerungen nicht aus seinen Versuchen, sondern er schloß sich möglichst eng an die Gleichungen Maxwells an, da er der Meinung war,

daß er aus der Erfahrung nicht viel mehr entnehmen könne, als in den Maxwellschen Abhandlungen ausgesagt ist. Hertz war der Meinung, daß man über das Wesen der elektrischen »Polarisation«, des elektrischen »Stromes« usw. sich nach Bedarf noch nachträglich sinnliche Vorstellungen machen könne. Er sagt allerdings, wir müßten streng wissenschaftlich wohl unterscheiden zwischen einer Theorie, die wir uns bilden, und der einfachen schlichten Gestalt, welche die Natur uns zeigt, an deren Formen wir aus unserer Willkür nichts zu ändern vermögen.

Wir möchten jedoch den entgegengesetzten Weg einschlagen und uns zunächst aus der Erfahrung ein möglichst klares, physikalisches Bild machen, hieraus eine der Natur möglichst entsprechende Anschauungsweise (Theorie) ableiten, welche sich eventuell durch mathematische Rechnung als möglich bestätigen läßt.

Man darf hierbei jedoch nicht vergessen, daß Theorie und Rechnung immerhin nur Näherungs- oder Grenzwerte ergeben können, aber niemals die Wirklichkeit darstellen.

Man hat bisher weder darnach gefragt, woher die von den Körpern ausgehende Kraft stammt, noch, wie das Medium beschaffen ist, welches diese Kraft fortpflanzt. Versuchen wir uns hierüber eine Vorstellung zu verschaffen. Wir fragen zunächst:

Was ist Äther?

Die Erscheinungen, welche wir unter dem Begriffe »Licht« verstehen, sind nur möglich, wenn es einen äußerst feinen Stoff gibt, in welchem sich die transversalen Lichtwellen fortpflanzen können. Ohne dieses unbekannte Etwas, das wir Äther nennen, können wir uns das Licht nicht vorstellen.

Bereits Aristoteles erwähnt 334 v. Ch. den Äther. Huygens entdeckte 1650 die Lichtschwingungen. Euler behauptete 1772, Äther ist Elektrizität, ein Name, den Gilbert 1600 schon eingeführt hatte. Neuerdings hat man die 1887 von J. J. Thomson und Schuster begründete »Elektronentheorie« erweitert und wesentlich vervollkommnet, aber was Äther ist, wissen wir damit noch immer nicht. —

Eine Erklärung hierüber dürfte jedoch nicht gar so schwierig sein, als man gewöhnlich annimmt.

Wir wissen heute, daß Licht, Elektrizität, Wärme, ja auch chemische, elektrochemische und mechanische Wirkungen auf Bewegungen des Äthers beruhen. Insbesondere haben W. Kaufmann[1]) und H. A. Lorentz[2]) durch Versuche elektrische Erscheinungen vielfach aufgeklärt. Was Magnetismus ist, vermochten auch sie nicht näher zu ergründen. Die Arbeiten von Johannes Zacharias, des Mitverfassers dieses Buches, aus 1904 bis 1906 versuchten die Erkenntnis dieser Erscheinungen zu erweitern.

Wir vermögen der heutigen Elektronentheorie nicht in allen Punkten uns anzuschließen, weil sie, wie unsere ganze Physik, von Anschauungen ausgeht, welche dem Äther eine »Sonderstellung« anweisen und ihn nicht den allgemein gültigen Gesetzen der Mechanik unterordnen.

Was sind Elektronen?

Nach den heute herrschenden Anschauungen sollen die Elektronen äußerst kleine, elektrisch geladene Teilchen sein, die in allen festen, flüssigen und gasförmigen Körpern in unmeßbarer Zahl vor-

[1]) Die Entwicklung des Elektronenbegriffes. Leipzig 1901.
[2]) Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie. 2. Aufl. Berlin 1906.

handen sind. Man sucht aus deren Lagerung, Bewegung und Wirkung alle elektromagnetischen Vorgänge in solchen Körpern zu erklären. Der Äther füllt nicht nur den Raum zwischen den Elektronen aus, sondern durchdringt auch die Elektronen. Es besteht sowohl in deren Innerem als auch um dieselben ein inneres, beziehungsweise ein äußeres »elektromagnetisches Feld«. Während die Elektronen sich bewegen, soll der Äther (nach Fresnel) nicht von der Stelle rücken. Vielfache Zustandsänderungen sollen wir als »elektromagnetische« Wirkungen wahrnehmen. Eine Strömung des Äthers nach Art einer Flüssigkeit soll ausgeschlossen sein. —

Wenn schon diese Vorstellungen ganz unverständlich sind, da sie z. B. keine Erklärung dafür geben, was »elektrische Ladung« der Elektronen ist, so müssen wir die weiteren Vorstellungen als durchaus widernatürlich bezeichnen.

Man nimmt nämlich positive und negative Elektronen an. Die negativen Elektronen sollen keine wahre Masse, sondern nur elektromagnetische Masse haben — sie sind gleichsam nur Ladung ohne Materie. Man hat aber auch longitudinale und transversale elektromagnetische Masse. Man nimmt auch sich ansammelnde neutrale Elektrizität an! —

Wir müssen jedoch daran festhalten, daß auch der Äther den Gesetzen der Mechanik folgt. Wir müssen jede Theorie von vornherein verwerfen, welche auch nur im geringsten von dem rein mechanistischen Standpunkte abweicht.

Es geht nämlich durch unsere heute noch herrschende Physik, ja durch die ganze Wissenschaft die von Aristoteles übernommene Anschauung der Gegensätzlichkeit, des Positiven und Negativen. Man nimmt »Anziehungs- und Druckkräfte« an, welche durch mehr und weniger stoffliche Bestandteile fortge-

pflanzt werden. Wir müssen jedoch jegliche Erklärung von Naturvorgängen als unzulässig bezeichnen, die solche Vorstellungen ihren Theorien zugrunde legt, da wir negative Größen nur als mathematischen Begriff kennen.

Die heute noch geltenden Anschauungen über die Natur des Äthers scheinen von v. Helmholtz ausgegangen zu sein, der zuerst in seinen gesammelten Werken ideale, »reibungslose« Flüssigkeiten aufstellte.

Um leichter rechnen zu können, hat man gewisse vereinfachte Annahmen gemacht, die aber der Natur wenig entsprechen. Später hat man diese Annahmen als Theorie hingestellt und ist schließlich zu der Meinung gekommen: diese Annahmen und die sie bestätigenden Rechnungen stellten die wirklichen Vorgänge dar und das sei nun die wahre Wissenschaft. An eine gründliche Aufklärung und Erforschung der natürlichen Erscheinungen, welche sich oft der Rechnung völlig entziehen, dachte man nicht nur nicht mehr, sondern man hielt auch die Erklärung der Vorgänge ohne diese Rechnungen für überflüssig und dilettantisch. —

Es ist jedoch noch ein anderer Umstand, welcher die Verkehrtheiten der Physik veranlaßt und bestärkt hat.

Die allgemeine Schwere.

Man hat die Erscheinungen des allgemeinen Schweredruckes bislang völlig außer Zusammenhang sonstiger Naturerscheinungen und vielfach auch als nebensächlich in der Physik behandelt. Sobald man aber nach dem Vorbilde von Secchi, Anderssohn und anderen die Ursache der Gravitation als auf Ätherdruck beruhend auffaßt, kommt nicht nur Licht in manches bisherige Rätsel der Natur, sondern man findet dann einen Zusammenhang von Erscheinungen, deren Einreihung in das Ganze bislang kaum möglich schien. —

Während man früher besonders wohl auf die philosophischen Anschauungen von Kant hin die von Newton 1675 entdeckte Schwerkraft aus einer allgemeinen, geheimnisvollen inneren »Anziehungskraft« der Körper erklärte, ging Anderssohn etwa 1870, veranlaßt durch die Arbeiten von Secchi, dazu über, die Gravitation als auf Wechselbeziehungen der Körper untereinander beruhend zu betrachten. Nach dieser Anschauung empfangen alle Körper Druckstrahlen und geben auch solche wieder aus nach dem Newtonschen Gesetz, d. h. im Verhältnis ihrer Masse und im umgekehrten Verhältnis des Quadrates ihrer Entfernungen. Träger und Vermittler dieser Druckstrahlungen ist der Äther. Diese allgemein im Weltall vorhandene Kraft erscheint uns in verschiedenen Formen, was wir eben »Umwandlung« nennen. Es ist aber immer ein und dieselbe Energie, welche bei allen Naturerscheinungen wirksam ist. —

Die Schwere der Körper auf der Erde kommt nach Anderssohn dadurch zustande, daß der Erdkörper eine Druckdifferenz (Druckschatten) erzeugt: Die von allen Seiten nach der Erde gehenden Druckstrahlen treffen sich im Erdkörper und setzen sich hier teils in Wärme um. Sie bewegen zugleich die Erde in ihrer Bahn und treiben freifallende Körper zur Erdoberfläche. Diejenigen Körper, welche den Gravitationsstrahlen vermöge ihrer inneren Beschaffenheit den größten Widerstand bieten, müssen das größte spezifische Gewicht haben. Zwei beliebige volle Kugeln von der Masse M_1 und M_2 und dem Abstande r haben (nach A. Patschke) die Gravitationsformel $P = K \frac{M_1 M_2}{r^2}$, wobei K ein Wärme- oder Temperaturfaktor ist.[1]) —

[1]) Lösung der Welträtsel durch das einheitliche Weltgesetz. München 1905, S. 75.

Seit etwa 250 Jahren kennen wir die allgemeine Schwere. Man hat sich jedoch bis heute noch nicht dazu entschließen können, von dieser Erkenntnis auch folgerichtigen Gebrauch zu machen. Es ist also durchaus notwendig, daß wir uns über den Äther möglichst eingehend unterrichten.

Ätherwellen.

Wir dürfen den Äther nicht, wie es bisher die Physik tat, als »reibungslos« betrachten, sondern wir müssen die Anschauung durchaus aufrecht erhalten, daß es reibungslose Vorgänge in der Natur überhaupt nicht gibt. Wie könnte z. B. das Licht Transversalschwingungen machen oder wie könnten im Äther elektrische Wellen sich überhaupt fortpflanzen, wenn derselbe keine innere Reibung hätte! —

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes beträgt in einer Sekunde 300.000 *km*. Die Lichtwellen als solche können wir nicht sehen, da sie viel zu klein sind. Das unbewaffnete Auge sieht noch Abmessungen bis zu $^1/_{10}$ *mm*. Mit dem besten Mikroskop dagegen unterscheiden wir noch Körperchen bis 0·1 bis 0·2 Tausendstel Millimeter. Die Lichtwellen jedoch haben nur 400—800 Millionstel Millimeter Länge. Nennen wir n die Wellenzahl bei einer Wellenlänge λ, so ist der Weg in der Zeiteinheit, welcher zurückgelegt wird, d. h. die Fortpflanzungsgeschwindigkeit $v = n\lambda$, also die Wellenlänge $\lambda = \frac{v}{n}$. Wir werden später im Abschnitte über Berechnung und Messung der elektrischen Wellen auf diese Größen und deren Verhältnis zueinander noch zurückkommen. Treffen Wellen verschiedener Herkunft oder Schwingungsmöglichkeit aufeinander, so treten sie in Resonanz (wie in der Akustik), falls ihre Schwingungszahl über-

einstimmt. Ist keine Übereinstimmung vorhanden, so heben sie einander ganz oder teilweise auf. Die Ausbreitung der elektrischen Wellen im Raume findet (wie bei der Luft) kugelförmig statt. Es entstehen hierbei (wie in der Akustik) ein Grundton und Obertöne. Die Vorgänge sind jedoch höchst verwickelt, da auch die Moleküle beziehungsweise Atome der wägbaren Stoffe mitschwingen, welche aber auch Eigenschwingungen haben. Wir können aus Mangel an Raum hierauf nicht weiter eingehen, auch das Wesen und die Teilbarkeit der Materie hier nicht weiter besprechen. Man betrachtet übrigens heute die Atome nicht mehr als die kleinsten Bausteine der uns umgebenden Natur, sondern man nimmt an, daß die Atome wieder aus Elektronen zusammengesetzt sind. —

Eigenschaften des Äthers.

Wir können nach obigen Ausführungen uns nunmehr eine Vorstellung vom Verhalten des Äthers machen, die widerspruchsfrei sein dürfte und sich den Gesetzen der Mechanik streng unterordnet, so daß jegliche Sonderphysik, wie sie bisher allgemein üblich war, gänzlich entfällt. Wer die Welt als ein Ganzes auffaßt, kann sich den heute noch herrschenden Lehren der Physik unmöglich anschließen und muß unsere Gründe vollkommen würdigen.

1. Der Äther macht keine Ausnahme in seinem Verhalten; die Vorgänge in ihm finden wie in Flüssigkeiten und Gasen statt.

2. Der Äther ist stofflicher Natur, aber unwägbar, weil er selbst die Schwere veranlaßt. Seine Teile sind etwa 2000mal kleiner als die Wasserstoffatome.

3. Die Erscheinungen der Wärme entstehen dadurch, daß der Äther mit der wägbaren Materie um den Raum ringt, d. h. Stauungen veranlaßt, welche

die kleinsten Teile der wägbaren Stoffe in heftige Schwingungen versetzt, so daß Glühen und eventuell Leuchten der Körper eintritt.

4. Die elektrischen Erscheinungen entstehen durch Ätherschwingungen um die sogenannten Leiter, welche den Schwingungen einen Widerstand entgegensetzen. Die elektrischen Bewegungen finden aber innerhalb der sogenannten Nichtleiter statt. Hieraus folgt die Erwärmung der Leiter.

5. Elektrizität, die in Kondensatoren oder in Leydener Flaschen angesammelt wird, besteht in der Ansammlung von Äther. Erst durch dessen Bewegung entstehen die elektrischen Erscheinungen.

6. Die elektromagnetischen Erscheinungen entstehen zufolge der inneren Reibung des Äthers. Sie werden hervorgerufen durch elastische Wirkung gegen die elektrischen Bewegungen. Die Kraft am Elektromagneten entsteht durch elektrischen Verschiebungsdruck. Magnetismus ist also keine Sonderkraft, sondern ist auch elektrischer Natur.

7. Die Strahlungen aller Art, wie z. B. Röntgenstrahlen, Radiumstrahlen usw., beruhen gleichfalls auf Ätherstrahlungen. Alle Körper senden Strahlen aus (mit graduellen Unterschieden), je nach der Beschaffenheit der Stoffe.

8. Es sind alle Stoffe elektrisch und somit auch alle magnetisch (mit graduellen Unterschieden).

9. Positive und negative stoffliche Bestandteile sind im Äther und auch in der ganzen Natur nicht vorhanden. Wir haben den Äther als den Urstoff des Weltalls aufzufassen, dessen Energie bei allen Kraftäußerungen in der Natur tätig ist.

10. Der Äther erfüllt alle Räume in den wägbaren Stoffen und überhaupt den Weltenraum. In ihm erregte elektrische Wellen pflanzen sich etwa mit der Lichtgeschwindigkeit fort, soweit sie nicht behindert

werden. Hierauf beruht die Möglichkeit der Nachrichtenübermittlung vermittels drahtloser Telegraphie und Telephonie.

Wir haben im vorstehenden versucht, eine Vorstellung vom Wesen des Äthers zu geben, die wenigstens für die Praxis sich besser eignet als die bisherigen, völlig unnatürlichen Vorstellungen der Physik. Die Autorität der Gründe für diese Abweichung vom Üblichen ist jedenfalls auf unserer Seite.

Betrachten wir nun die Grundlagen näher, welche in der praktischen Wellentelegraphie Anwendung finden.

Resonanz.

Elastische Körper geraten in starke Schwingungen, wenn die Zahl von Stößen gegen den Körper mit dessen Eigenschwingungszahl in der Zeiteinheit zusammenfällt. Dieser Vorgang wurde zunächst in den Erscheinungen des Schalles bekannt. Die Schwingungen des einen Körpers werden hierbei durch die Luft übertragen. Der Satz gilt jedoch ganz allgemein in der Natur. Eine Pendeluhr setzt z. B. eine zweite, nicht gehende Uhr in Gang, wenn beide Uhren an derselben Wand hängen und gleichartige Pendel haben. Schwache Windstöße werfen Schornsteine um, wenn sie sich in gleichen Zeiten wiederholen und den Schornstein in Schwingungen versetzen. Es ist also bei diesen Vorgängen ganz gleichgültig, ob die Schwingungen durch Luft oder feste Körper übertragen werden. —

Da wir den Äther nach unserer Anschauung als ein Gas aufgefaßt haben, so müssen auch elektrische Schwingungen durch den Äther übertragen werden, also gleichfalls Resonanzerscheinungen hervorbringen. Dies ist auch tatsächlich der Fall. Man benützt die durch elektrische Wellen erzeugte Resonanz zur Ab-

stimmung von Apparaten beziehungsweise Stationen aufeinander.

Die »Kugelversuche« von Joh. Zacharias lassen sich garnicht anders erklären, als daß Ätherschwingungen die Bewegungen übertragen und nur dann die Versuche gelingen, wenn Resonanz vorhanden ist. Die Versuche zwingen auch zu der Anschauung, daß zufolge des Gravitationsätherdruckes alle Körper und deren Atome von Ätherschwingungen umgeben sind und mit diesen zusammen Eigenschwingungen ausführen. Wie der Äther eine allgemeine und wesentliche Rolle in der Natur spielt, also muß auch die Resonanz universellen und elementaren Einfluß bei allen Naturvorgängen haben.

Die Form von Bewegungen in der Natur.

Man weiß über die Form und Bewegungsart der Ätherwellen zur Zeit noch kaum etwas Genaueres. Es scheint jedoch in der Natur eine spiralförmige Bewegung überhaupt vorzuherrschen, wenn nicht etwa gar bei allen Bewegungen vorhanden zu sein. An Bäumen kann man z. B. beobachten, daß sie beim Wachstum schraubenförmig gebildet sind. Wirft man einen Stein senkrecht ins Wasser, so pflanzen sich die hierbei entstehenden Wellen, wie es scheint, auch spiralförmig fort. Beobachten wir durch ein großes Fernrohr die Nebelflecken in den Gestirnen, so finden wir auch hier große Spiralnebel. Daß die elektrischen Wellen an einem Luftdrahte gleichfalls spiralförmige Bewegungen machen müssen, geht aus einer Beobachtung hervor, die in »Wirkliche Grundlagen der elektrischen Erscheinungen«, S. 36, bereits beschrieben ist.

Die Möglichkeit, bis zu 3000 *km* auf der Erde elektrische Wellen zu senden, beweist, daß sie nicht

geradlinig, sondern offenbar unter dem Schwerdrucke an der gekrümmten Erdoberfläche entlang gehen. Sowohl in der Luft, an den Staubteilchen. den Gasen und dem Äther selbst finden Reibungen statt, welche die Ausbildung spiraliger, an der Erdoberfläche sich ausbreitender Wellen bedingen, ganz ähnlich, wie wir sie im Wasser beobachten. Auf die Ähnlichkeit der Wasserwellen mit den elektrischen Wellen hat auch bereits Dr. H. Fricke in »Was ist Elektrizität?« hingewiesen.

Die Vorstellungen, welche Hertz sich über die Form der Wellen gebildet hatte und die man heute in allen Werken als maßgebend wiederholt findet, mögen wohl nebenher auch eintreten und zufolge der seitlichen Strahlung an der Drahtoberfläche den Verlust darstellen, den man merkwürdigerweise als »Dämpfung« bezeichnet hat. Hertz arbeitete bekanntlich mit Wellenlängen von nur wenigen Zentimetern, während man heute Wellenlängen von 200—1200 *m* und große Energiemengen anwendet. Daß die elektrischen Wellen in Schleifen und Ringen sich loslösen und etwa wie Tabaksrauchringe fortschreiten, ist wohl nicht wahrscheinlich. Noch unwahrscheinlicher aber ist es, daß die Wellen in Schleifen auf der Erdoberfläche »langwandern« sollen. Die Planeten bewegen sich auch in Schleifen, nicht etwa in geschlossenen Bahnen.

Solche wandernde »Ätherschleifen« müßten sich ebenso stören wie die magnetischen Molekularströme von Ampère. Diese Vorstellung der wandernden Schleifen mag aus den Versuchen und Rechnungen an einem einzelnen ausstrahlenden Drahte entstanden sein. Wie aber denkt man sich die Sache bei unseren heutigen weitverzweigten Luftleitergebilden? Eine Schirmantenne wie die in Nauen, welche eine Fläche von 60.000 m^2 bedeckt, muß doch ganz ähnlich wirken wie in der Luft ein ausgespannter Regenschirm!

Stößt man einen solchen Schirm in kurzen Zwischenräumen heftig senkrecht in die Höhe, dann wird auf einem großen Flächenraume die Luft heftig bewegt und diese Bewegung wird sich etwa in ganz ähnlicher Weise fortpflanzen wie das Wasser, welches ein fallender Stein zur Seite preßt und somit Wellen erregt.

Die elektrischen Bewegungen auf Leitern, ob sie als Gleichstrom, Wechselstrom oder Hochfrequenzstrom stattfinden, bilden stets »Wellen« von gewisser Länge und Geschwindigkeit. Die höchste Schwingungszahl, welche Millionen beträgt, erhalten wir durch die Funken eines Transformators, eines Induktionsapparates oder durch einen Lichtbogen nach Poulsen, und diese sind es, welche wir für die drahtlose Telegraphie verwenden. Sie folgen den metallischen Leitungen, bilden auf ihnen Bäuche und Knoten und setzen den Äther der Umgebung mit in Bewegung. Lassen wir diese Wellen in den Raum beziehungsweise die Erde ausstrahlen, so pflanzen sie sich darin ganz ähnlich wie die Luftwellen fort, d. h. sie breiten sich im freien Raume aus, folgen aber in gewisser Höhe der Gestalt der Erde. Ihre Fortpflanzung im Erdkörper findet mehr in gewissen begrenzten Schichten statt.

Leitet man elektrische Wellen in geeigneter Weise auf Widerstände aus Metall oder Flüssigkeiten (Empfänger), so verändern sie dieselben. Diese Änderung benützt man zur Betätigung galvanischer Elemente, welche hörbare oder lesbare Zeichen an besonderen Apparaten hervorbringen. Dies ist das Prinzip der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.

Die Grundlage der drahtlosen Telegraphie bildet also ein äußerst feiner, unwägbarer Stoff, den wir an sich nicht wahrnehmen, aber sehr wohl aus seinen zahlreichen Wirkungen kennen. Wir bezeichnen diesen Stoff, wie schon erwähnt, als den Weltäther, Licht-

äther oder auch schlechtweg als den »Äther«. Er ist überall im Weltraume vorhanden und bei allen Naturkräften wirksam, so daß wir alle Naturerscheinungen auf nur eine Kraft, nämlich die Energie des Äthers zurückführen können. Kraft und Stoff sind durch den Äther untrennbar miteinander verbunden. Es müssen daher auch alle Änderungen der Bewegungsformen entsprechende Änderungen der Massen erzeugen. Die Elektrizität ist auch eine Folge dieser Vereinigung von Kraft und Stoff, ebenso wie auch die Wärme. Die elektrische Kraft übt einen mechanischen Stoß aus — wir erhalten z. B. einen heftigen Schlag, wenn wir einen geladenen Kondensator berühren.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bewegung im vom Äther erfüllten Raume ist für Licht und Elektrizität, wenigstens bei unseren irdischen Verhältnissen, gleich groß, nämlich 300.000 *km* in der Sekunde. Wir können in der Natur nur Druckkräfte als die Ursache von Bewegungen annehmen. Jeder auf den Äther als Ganzes ausgeübte Druck pflanzt sich in Wellenbewegungen momentan allseitig fort. Dieser Vorgang ermöglicht es uns, im Raume um unsere Erde auch ohne Drahtleitungen Zeichen durch Elektrizität zu übermitteln, zu telegraphieren und telephonieren. Diese Auffassung der Natur des Äthers und der Vorgänge in ihm entspricht zwar nicht derjenigen unserer heutigen theoretischen Physik, wohl aber dem »Gesetze der Analogie« im Weltgetriebe und den Gesetzen der Mechanik. Den gleichen Standpunkt vertritt z. B. auch Hermann Fricke in »Was ist Elektrizität?« Er führt aus, daß die Physiker ideale Gase annehmen, die keine innere Reibung besitzen sollen: »Obgleich derartige Stoffe nirgends vorhanden sind und auch vermutlich gar nicht vorhanden sein können, hält man doch den Äther allgemein für ein »ideales« Gas. Da er durchaus nicht die Eigenschaften eines solchen besitzt, hält man neuer-

dings die mechanische Deutung der elektrischen Vorgänge überhaupt für unmöglich.« Wir haben bereits seit Jahren den Magnetismus als die Folge der inneren Reibung des Äthers betrachtet, wie dies Johannes Zacharias, der Mitverfasser dieses Werkes, durch zahlreiche Versuche (in zwei Büchern) dargetan hat. Wir wollen daher an der durchaus begründeten Anschauung auch im vorliegenden Werke festhalten und in diesem Sinne das Verhalten des Äthers noch etwas eingehender betrachten.

Wie zwischen den Teilchen eines Gases ein inniger Zusammenhang ähnlich dem bei festen Körpern besteht, muß auch der Äther einen inneren Zusammenhang seiner Teilchen haben, den wir als innere Reibung bezeichnen.

Wir können daher auch den Äther wie die Gase als eine zusammendrückbare Flüssigkeit auffassen. Flüssige und feste Körper verhalten sich wie Gase unter hohem Drucke, so daß grundsätzliche Unterschiede zwischen den Aggregatzuständen nicht bestehen, sondern diese lediglich durch die Veränderung des inneren Druckes und der inneren Reibung verursacht werden. — Die theoretische Physik aber rechnet mit »reibungslosen« Stoffen, die sie als »ideale« Gase oder »ideale« Flüssigkeiten und »vollkommen elastische« Körper betrachtet, während sie die Reibung als eine nebensächliche Erscheinung auffaßt, welche mechanische Bewegung in Wärme verwandelt. Wir müssen dagegen entsprechend den Naturvorgängen mit voller Berechtigung annehmen, daß der Äther ein wirkliches Gas ist, für das wir keine Sonderphysik brauchen. Aus der Größe der Geschwindigkeit der Ätherteilchen folgt ein sehr hoher Ätherdruck. Der Äther muß also unter allen bekannten Stoffen den größten Elastizitätsmodul besitzen und sich daher bei vielen mechanischen Vorgängen als zusammendrückbar verhalten.

Aus diesen Eigenschaften des Äthers können wir uns auch die Erscheinungen der Gravitation erklären: Die Weltkörper schwimmen im gasförmigen Äther, getragen von den Druckstrahlungen der umgebenden Himmelskörper. Da die Energie des Äthers diese ungeheuere Arbeitsleistung vollführt und sich mit den Himmelskörpern bewegt, so setzt er denselben keinen Reibungswiderstand entgegen. — Wie im kleinen und kleinsten Ätherwirbel bestehen, also sehen wir sie auch im großen in der Bewegung der Himmelskörper, deren ungeheuere Wirbel sich zu Planetensystemen usw. vereinen. — Wir stehen mit diesen Anschauungen nicht allein da, sie haben sich schon seit etwa 1867 mit den Arbeiten von Angelo Secchi und Aurel Anderssohn gebildet. Der Anblick der Nebelflecke und der Kometen läßt auch auf das Vorhandensein solcher »Weltenwirbel« schließen. Wir kennen und messen diese Vorgänge immer nur nach unseren irdischen Verhältnissen, wissen aber z. B. über die Geschwindigkeit des Lichtes im Weltraume gar nichts. Wir stehen also wohl vor einer allgemeinen Umwälzung nicht allein unserer Physik, sondern unserer ganzen Naturanschauung. Sie sind nicht dem Gehirne von Phantasten und Dilettanten, sondern aus reiflicher Überlegung gründlich forschender Männer entsprungen. Es gibt kein Dogma in der Wissenschaft.

Entsprechend unserer Darstellung über das Verhalten des Äthers müssen wir bei dessen wirbelnden Bewegungen auch auf gewisse Folgebewegungen schließen, die wir bei der Elektrizität als: Influenz, Induktion, Magnetismus usw. bezeichnen. Diese Sonderbezeichnungen werden bei einer einheitlichen Naturanschauung überflüssig und die zahlreichen »Naturkräfte«, als z. B. Adhäsion, Kohäsion, Kapillarität, Trägheit usw. in unserer Physik, sind ebenso entbehrlich. Wir brauchen auch kaum mehr die zahlreichen

»Hilfsvorstellungen« zur Erklärung elektrischer oder magnetischer Vorgänge, wie sie z. B. in alter Manier von J. M. Taylor gegeben wurden (siehe Electrical Review, London, 19. April 1907, S. 659 und 3. Mai, S. 743: Electric Wave Propagation).

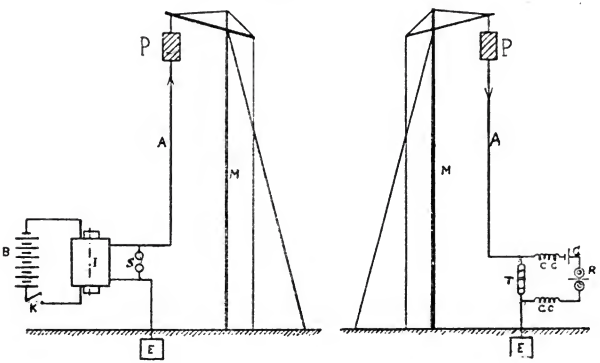
Die Anfänge der elektrischen Wellentelegraphie.

Der erste, welcher unzweifelhaft elektrische Wellen beobachtete, ohne jedoch zu wissen, was er damit gefunden hatte, ist sicherlich Hughs gewesen, welcher 1879 bemerkte, daß er in einem Telephone Töne wahrnehmen konnte, das mit einem Mikrophon und einer Batterie in einen Stromkreis geschaltet war, wenn in einiger Entfernung Funken an einem Induktor übersprangen. Die gleiche Wirkung brachte auch eine Elektrisiermaschine hervor. Obgleich diese Versuche zahlreichen Fachgenossen vorgeführt wurden, sind sie jedoch erst bekannt geworden, nachdem die drahtlose Telegraphie sich schon lebhaft entwickelt hatte (siehe Mazzotto, S. 203). Hughs konnte nicht nur in seinem Hause das Tönen des Telephons wahrnehmen, sondern er beobachtete dies auch auf der Straße noch bei 500 *m* Entfernung. Da er sich die Erscheinung nicht zu erklären vermochte, so unterließ er deren Veröffentlichung.

Hertz war es zwar gelungen, 1886—1888 durch seinen »Resonator« elektrische Wellen nachzuweisen, und Branly hatte in seiner Röhre mit Eisenfeilspänen einen noch besseren »Wellennachweiser« geboten. Beide Vorrichtungen aber waren immerhin weder besonders empfindlich noch praktisch brauchbar. Erst G. Marconi faßte 1894 den Gedanken, die Branlysche Röhre (den Fritter oder Kohärer) zu verbessern. Er machte 1895 nahe bei Bologna in der

Villa seines Vaters Versuche, entdeckte hierbei die Wichtigkeit des Luftdrahtes und der Erdverbindung an der Funkenstrecke. Damit war die heute bereits so wichtige drahtlose Telegraphie erfunden (siehe »Ten years of the Marconi system of wireless telegraphy«). Zum Studium der atmosphärischen Elektrizität hatte Popoff bereits zuvor in St. Petersburg einen Luftdraht

Abb. 1.



und Kohärer benützt, jedoch nicht zum Telegraphieren verwendet.

Marconis erster Sender bestand in einem Ruhmkorffschen Induktionsapparate *I* (Abb. 1), dessen Sekundärwicklung einerseits mit der Erde *E*, anderseits mit einer Platte *P* oder einem Zylinder verbunden war. Als Träger der isolierten Luftleitung diente ein Mast *M*. Zwischen den beiden Leitungen *E* und *A* befand sich eine Funkenstrecke *S*. Eine Batterie *B* mit Taster *K* diente zum Betriebe des Induktors, also zur Erzeugung elektrischer Hertzscher Wellen zwischen den Kugeln *S*.

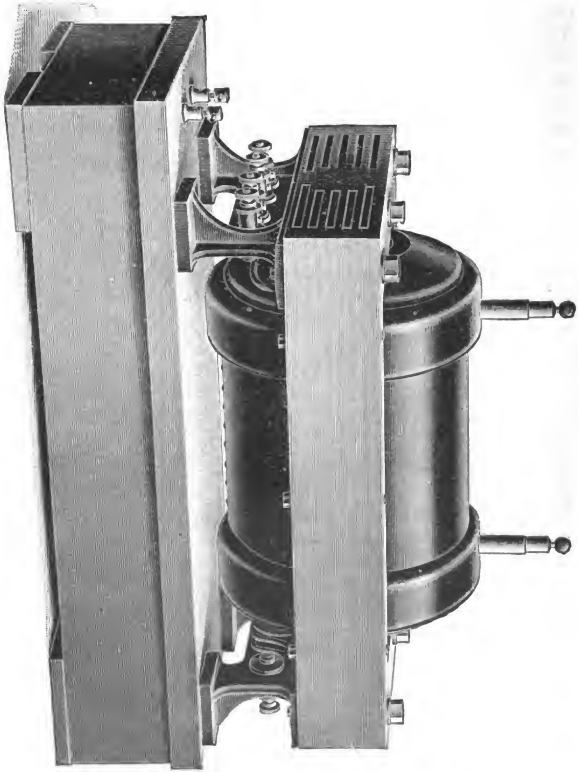
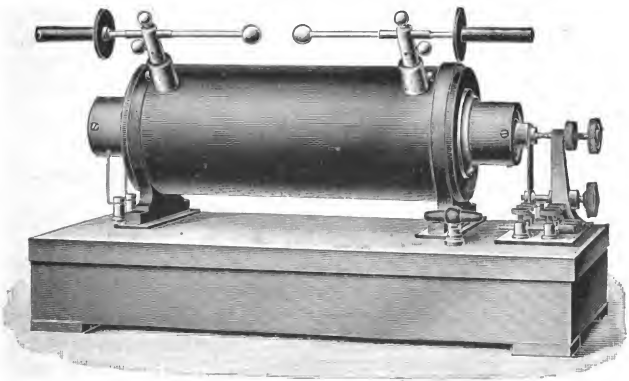


Abb. 11a.

Die Empfangsstation erhielt die gleiche Luftleiteranordnung. In den Luftdraht A wurde die Branlysche Röhre T geschaltet und zur Erde E abgeleitet. Im

Nebenschlusse zur Röhre *T* (deren Einrichtung und Wirkung wir später besprechen werden) war das Relais *R*, ein Trockenelement *G* und zwei Selbstinduktionsspulen *CC* geschaltet. Das Relais diente zur Betätigung einer Lokalbatterie und eines Morseschreibers, die in der Schaltung nicht besonders dargestellt sind. Durch Niederdrücken des Tasters *K* konnte man entsprechend den Strichen und Punkten

Abb. 1 *b*.



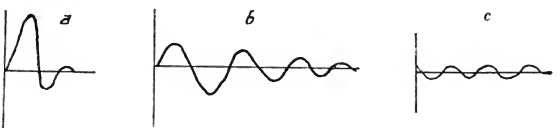
des Morsealphabetes Wellen aussenden, welche auf der Empfangsstation die Feilspäne in der Röhre *T* leitend machten und den Morseschreiber betätigten.

In welcher Weise die elektrischen Wellen sich durch den Raum fortpflanzen, ist noch nicht genügend erklärt. Es ist aber kaum anzunehmen, daß die Erklärungen von Hertz, wenigstens bei unseren heutigen Einrichtungen, auch nur annähernd zutreffend sind. Wenn auch von dem Luftdrahte an dessen ganzer

Oberfläche Bewegungen ausgehen, so spielt doch wohl die Hauptrolle der Stoß, den die Ausstrahlungen an den Spitzen, Ecken und Kanten des Luftleitergebildes hervorbringen? Weder die alten Anschauungen über die Natur des Äthers noch die neueren über die Elektronen können wir als zutreffend auffassen. Soviel aber ist gewiß, daß wir den die Erde umgebenden Raum als ein Ganzes zu betrachten haben, der von einem äußerst feinen elastischen und unwägbaren Stoffe erfüllt ist.

Jede Bewegung oder Erschütterung dieses Äthermeeres pflanzt sich mit Lichtgeschwindigkeit, das heißt

Abb. 2.



mit 300.000 *km* in der Sekunde, ganz ähnlich wie der Schall in der Luft fort. Der Verlauf der Schwingungen ist in Abb. 2 dargestellt, und zwar zeigt *a* die Wellenkurven von stark gedämpften, *b* die Wellenkurven von schwach gedämpften und *c* die Wellenkurven von ungedämpften Schwingungen. Im übrigen verweisen wir bezüglich elektrischer Wellen auf den ersten Teil des Abschnittes über drahtlose Telephonie und werden auch noch bei der Besprechung der Poulsenschen Erfindung darauf zurückkommen.

Es ist unzweifelhaft, daß die Energie des Äthers im Haushalte der Natur nicht nur eine sehr wichtige, sondern auch eine universelle Rolle spielt, ohne daß man sich deren besonders bewußt geworden ist. Unser physikalisches Lehrgebäude fußt zum Teil immer noch

auf älteren Anschauungen früherer Jahrhunderte und hat sich wenig um die Entstehung und Wirkung der Schwerkraft (Gravitation) gekümmert. (Johannes Zacharias hat in seinen beiden Werken über Magnetismus sich bemüht, weitere Aufklärungen über diese Naturkraft zu geben und den Zusammenhang der Erscheinungen darzulegen. Wenn ihm auch die Wissenschaft als Ganzes noch nicht recht gegeben hat, so fehlt es doch nicht an Zustimmungen einzelner, welche die alten Anschauungen als Dogma nicht anzuerkennen vermögen.) Wir kommen nun zur Beschreibung der einzelnen Apparate. Aus der Fülle des vorhandenen Materiales können wir nur einige bewährte und viel gebrauchte Einrichtungen auswählen.

I. Apparate und Schaltungen.

1. Die Stromquellen.

Zur Erzeugung elektrischer Wellen (elektromagnetische Schwingungen) benützt man für geringe Energiemengen Batterieströme, welche einen Funkeninduktor betätigen. Für größeren Energiebedarf dienen als Stromquelle einphasige Wechselstrommaschinen. Für die drahtlose Telephonie benützt man jetzt auch Hochfrequenzmaschinen, welche bis zu 13.000 Wechsel in der Sekunde liefern. Für transportable Zwecke dienen als Stromquelle wohl auch kleine Gleichstromdynamos, die nach Art eines Fahrrades durch Tretkurbeln in Bewegung gesetzt werden.

Unter den galvanischen Elementen eignen sich für den Betrieb von Induktoren kleineren Modells wohl auch Trockenelemente, die jedoch in kurzer Zeit verbraucht sind. Man ist daher hauptsächlich auf solche Elemente angewiesen, welche ähnlich wie ein Akkumulator gleichmäßigen Strom längere Zeit liefern. Hierzu gehören vornehmlich die verbesserten Lalande-Elemente und das diesen ähnliche Cupron- und Wedekind-Element. Die Spannung dieser Elemente ist zwar offen nur 0·8—1·10 Volt, sie geben jedoch längere Zeit hindurch bedeutende Stromstärken ab; sie haben auch den Vorzug, daß sich die Kupferoxydplatten in wenigen Stunden an einem warmen Orte regenerieren. Bei gut amalgamierten Zinkplatten findet in der Ruhe kein Materialverbrauch statt. Eine Ampère-

stunde benötigt inklusive Abfall etwa 2 *g* Zink und 6 *g* technisch reines Ätznatron, das als eine Lösung von 20—22° Bé verwendet wird. Die Zinkplatten reichen für eine drei- bis viermalige Füllung der Elemente aus. Will man die Cupron-Platten sehr schnell regenerieren, so setzt man sie 40—50 Minuten lang einer Wärme von 140—150° C aus. Den Verbrauch des Elektrolyten, also die Sättigung der Lösung mit Zinkoxydhydrat erkennt man an einem graugelben Niederschlage auf dem Boden der Zellen. Ist der Elektrolyt hiermit gesättigt, so bleibt der Strom nicht konstant, die Spannung fällt dann plötzlich um 30—40% ab. Nachstehend eine Tabelle über die Cupron-Elemente.

Cupron-Elemente.

Type		I	II	III	IV
Spannung . . .	Volt	0·8	0·8	0·8	0·8
Strom normal .	Ampère	1	2	4	8
» maximal .	»	1·5	3	6	12
Ampèrestunden-Kapazität . .	—	40—50	80—100	160—200	350—400
Ohm, innerer Widerstand .	—	0·06	0·03	0·015	0·0075
Wasser in der Zelle . . .	*l*	1·2	2·3	4·4	7
Ätznatron zu einer Füllung	*kg*	0·2	0·4	0·8	1·5
Ätzkali zu einer Füllung . . .	*kg*	0·3	0·6	1·1	2·0
Anzahl der Cupron-Platten	—	1	1	2	2
Plattengröße . .	*mm*	120×100	150×150	150×150	200×200
Länge der Zellen	*mm*	140	190	200	250
Breite » »	*mm*	55	85	130	140
Höhe » »	*mm*	190	280	280	370
Gewicht einer Zelle	*kg*	1·5	3·1	5·25	9

Unter den Primärelementen eignet sich für den Betrieb der Induktoren ganz besonders auch das »Wedekind«-Element. Es besteht aus einem eisernen Behälter mit daraufgeschraubtem eisernem Deckel. In der Mitte desselben ist eine Isolierbüchse angebracht, in welcher ein metallener Träger mit der Zinkplatte sitzt. Zu beiden Seiten der letzteren ist das Kupferoxyd in Vertiefungen des eisernen Gefäßes eingepreßt und befestigt. Bei sorgfältiger Amalgamierung der Zinkplatte findet in der Ruhe kein Materialverbrauch statt. Als Elektrolyt dient Ätznatronlösung von 25 bis 27° Bé (kalt gemessen). Weitere Auskünfte über diese Elemente gibt die nachstehende Tabelle.

Die von den Stromquellen erzeugten Ströme leitet man nach Induktionsapparaten oder Transformatoren, um sie in hochgespannte Ströme umzuwandeln und zur Wellenerregung zu benützen.

Ist Maschinenstrom zur Verfügung, jedoch kein direkter Anschluß an ein Leitungsnetz vorhanden, so kann man auch Akkumulatoren passender Größe als Stromquelle gebrauchen, die ja heute überall zu haben sind. Will man direkten Anschluß verwenden, so ist man in den meisten Fällen gezwungen, einen Umformer anzuwenden. Es ist bei höheren Stromstärken nicht zulässig, die erforderlichen Stromunterbrechungen mit dem Wagnerschen Hammer wie bei den gewöhnlichen Induktionsapparaten zu erzeugen, man muß also auf irgendeine Weise den Gleichstrom in unterbrochenen oder zerhackten Strom umwandeln, aber auch dies ist mit dem Quecksilberstrahlunterbrecher, dem Wehnelt-Unterbrecher oder dem Turbinenunterbrecher nur bei verhältnismäßig geringen Stromstärken möglich und man wird sehr oft gezwungen sein, einphasigen Wechselstrom anzuwenden.

Da heute die Elektrizitätswerke jedoch entweder Gleich- oder Drehstrom liefern und der einphasige

Wedekind-Element. — Einzelne Elemente.

Type		1 *a*	1 *a*, *b*	2 *a*, *b*	4 *a*, *b*
Spannung offen	Volt	1·1	1·1	1·1	1·1
Mittlere Spannung . . .	»	0·55—0·7	0·55—0·7	0·55—0·7	0·55—0·7
Stromentnahme normal .	Ampère	1·0	2·5 | 1 | 0·2	5	20 | 10 | 40 | 41
» maximal .	»	3	4 | — | —	15	60 | — | — | —
Ampèrestund.-Kap. normal	—	100	120 | 150 | 200	250	900 | 1000 | 760 | 687
Ohm, innerer Widerstand	—	0·03	0·02	0·02	0·1—0·001
Wasser	*l*	0·650	0·9	1·8	9·5
Ätznatron zu einer Füllung	*kg*	0·250	0·300	0·600	3·00
Wirksame Kupferoxyd-flächen	Anzahl	2	2	2	4
Wirksame Fläche . . .	cm^2 ca.	2·2	4·8	9·45	45·1
Länge der Zellen . . .	*mm*	100	205	245	290
Breite der Zellen . . .	*mm*	85	55	60	120
Höhe der Zellen	*mm*	205	205	290	500
Gewicht mit Füllung . .	*kg* ca.	4·1	5·4	11	47—50

Die ersten drei Typen haben eine Zinkplatte, Type 4 *a*, *b* hat zwei Zinkplatten mit dazwischenliegender Kupferoxydplatte.

Vollständige Batterien. Type 1 *a*, *b*.

Elementeanzahl		2	3	4	6	8	10	12
Betriebsspannung . . .	Volt	1—1·5	1·5—2	2—3	3—4·5	4—6	5—7	6—9
Batteriekasten, Länge . .	*mm*	240	240	275	380	500	620	620
» Breite . .	*mm*	155	205	240	240	240	240	305
» Höhe . .	*mm*	265	265	265	265	265	265	265
» Gewicht .	*kg*	14·4	20	25·3	36·8	49	61·5	74

Wechselstrom nur ausnahmsweise vorhanden ist, so ist man in diesen Fällen genötigt, die Wechselstrommaschine mit einem Motor zu kuppeln, der aus dem Leitungsnetze gespeist wird. Im Notfalle könnte man wohl auch eine Phase eines Drehstromnetzes verwenden, jedoch wird die hierbei stattfindende ungleiche Belastung der drei Leitungen für größere Stromstärken nicht zulässig sein. Es würde zu weit führen, wenn wir diese verschiedenen Vorrichtungen hier eingehender beschreiben wollten, man findet heute in zahlreichen Werken darüber Auskunft. — Wir wenden uns jetzt denjenigen Vorkehrungen zu, welche dazu dienen, die in der drahtlosen Telegraphie und Telephonie notwendig gebrauchten elektrischen Wellen zu erzeugen.

2. Induktionsapparate und Wellenerreger.

Der bekannte Ruhmkorffsche Induktionsapparat war bis vor kurzem das einzige Mittel, um schnell wechselnde Stromimpulse zu erhalten. Erst neuerdings lehrten uns Simon und Reich und Valdemar Poulsen die Verwendung des Lichtbogens zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Wellen. Mit diesen Erfindungen dürfte in absehbarer Zeit die Verwendung des Induktors beziehungsweise Transformators bei der drahtlosen Telegraphie entbehrlich werden, wir wollen jedoch dessen Konstruktion hier noch kurz erörtern.

Bis zur Entdeckung der Röntgenstrahlen wurde der Ruhmkorffsche Induktor nur in der Medizin und bei physikalischen Versuchen verwendet. Erst die Röntgenstrahlen führten zu einer Verbesserung dieser Apparate und die drahtlose Telegraphie veranlaßte noch weitergehende Verbesserungen. Im wesentlichen ist der Induktionsapparat ein Transformator, welcher niedrig gespannte Ströme in Hochspannung verwandelt. Auf einem vielfach unterteilten Eisenkerne ist eine Primär-

wicklung aus starkem Drahte in einer oder wenigen Lagen aufgewickelt. Dem Eisenkerne gibt man vorteilhaft die zwölffache Länge seines Durchmessers. Gut isoliert ist über die Primärwindungen die Sekundärwicklung, gewöhnlich in zahlreichen Abteilungen, angebracht, die etwa ein Drittel der Länge des Eisenkernes haben soll und deren Durchmeser nicht mehr als der dreifache Durchmesser des Eisenkernes ausmacht. Die Länge des Sekundärdrahtes soll möglichst kurz sein und die Stärke des Drahtes so gering, als es gute Isolierung zuläßt. Neuerdings pflegt man die beiden Wicklungen der Induktoren in ihrer Länge aufeinander abzustimmen, so daß deren Schwingungen in »Resonanz« treten (Resonanzinduktor). Im allgemeinen hat man den Eisenkern als geraden Zylinder gestaltet, Klingelfuß in Basel und Hans Boas in Berlin (Abb. 1*a*) wenden jedoch auch geschlossene Eisenkerne ähnlich wie bei den Transformatoren an. Die Abb. 1*b* zeigt den äußeren Aufbau eines Induktors mit Hammerunterbrecher, wie ihn die Marconi-Gesellschaft verwendet. Über Konstruktion, Bau und Betrieb von Funkeninduktoren geben nachstehende Werke Auskunft. »Konstruktion und Handhabung elektro-medizinischer Apparate« von Johannes Zacharias und Matthias Müsch, Leipzig 1905. — »Konstruktion, Bau und Betrieb von Funkeninduktoren« von E. Ruhmer, Leipzig 1904. — »Inductions Coils, how to make use and repair them« by H. S. Norrie, London 1901. — »Lexikon der Elektrizität und Elektrotechnik« von Fritz Hoppe, Wien und Leipzig 1906.

Um die Funkenbildung an den Unterbrechungsstellen zu ermäßigen und die Wirkung der Apparate zu erhöhen, insbesondere um die Frequenz der Schwingungen zu erhöhen, verwendet man entweder Kondensatoren in flacher Form oder als sogenannte Leydener oder Kleistsche Flaschen. Als Trennungs-

schicht zwischen den Metallbelegungen (Dielektrikum) darf nur Glas von gewisser Stärke und besonderer Qualität verwendet werden. Die Befestigung der Stanniolbelegungen geschieht gewöhnlich durch Eiweiß. In vielen Fällen ist es zweckmäßig, den Kondensatorbelegungen einige Abstufungen zu geben, die man je nach Bedarf einschalten kann. An Stelle des Stanniols kann auch schwaches Aluminium-, Messing- oder Kupferblech dienen. Bei der flachen Form ist die Hauptsache, daß die Luft zwischen den Belegungen durch Erwärmen und Zusammenpressen entfernt und das ganze mit Paraffin umgossen wird. Die Kapazität des Kondensators wächst mit der Größe der Oberfläche der Belegungen, mit der Verringerung des Abstandes der Isolierungen und mit der Höhe der Isolation. Es ist also nicht vorteilhaft, die Glasstärke unnötig zu erhöhen. Alle Teile der Induktoren und Kondensatoren müssen im übrigen so bemessen und eingerichtet sein, daß sie dauernd ohne zu große Erwärmung betrieben werden können. Um die Kapazität der Kondensatoren zu verändern, verwendet man vielfach die in Abb. 12*c* dargestellte Konstruktion, bei welcher durch Drehen eines Knopfes halbkreisförmige Scheiben aus Zinkblech nach Bedarf zur Deckung gebracht werden, die durch Luft oder Öl voneinander getrennt sind. Der Apparat gestattet jede gewünschte Abstufung.

Eine große Rolle spielt auch die Konstruktion der Funkenstrecke. Für kleine Apparate verwendet man je nach der erforderlichen Kapazität Kugeln von einem bis zu einigen Zentimetern Durchmesser, und zwar sind Vollkugeln besser als Hohlkugeln. Für größere Energiemengen schaltet man wohl auch mehrere Funkenstrecken hintereinander und bildet sie aus kräftigen Aluminiumscheiben. Bei der großen Fernstation in Nauen bei Berlin besteht die Funkenstrecke aus zwei großen runden Reifen von etwa 6 *cm* Durchmesser,

deren Entfernung durch ein Handrad je nach Bedarf eingestellt werden kann.

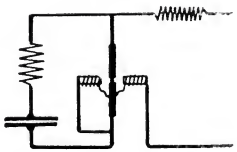
3. Ungedämpfte elektrische Wellen.

Während die Funkeninduktoren in Verbindung mit Leydener Flaschen stoßartige Wellen geben, deren Amplitude sehr schnell abnimmt, verwendet der Ingenieur Valdemar Poulsen in Kopenhagen den elektrischen Lichtbogen zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen von hoher Intensität und Frequenz. Er berichtete hierüber zunächst auf dem elektrischen Kongreß der Weltausstellung in St. Louis im Jahre 1904, worüber eine recht eingehende Beschreibung in den später vom Kongreß herausgegebenen »Transactions« geboten wurde. Wir verdanken Herrn Poulsen und der seine Erfindung verwertenden »The Amalgamated Radio-Telegraph Company« in London nähere Angaben, auch brachte die »Elektrotechnische Zeitschrift«, 1906, Heft 45, einen Vortrag des Herrn Poulsen im »Elektrotechnischen Verein« vom 23. Oktober 1906 (E.-T. Z., 1906, S. 1029), den wir mit freundlicher Erlaubnis benützten. Die oben genannte Gesellschaft veröffentlichte auch einen Vortrag des genannten Herrn vom 27. November 1906: »Lecture on the production of continuous electrical oscillations and their employment in wireless telegraphy« given by Mr. Valdemar Poulsen.

Bereits in dem amerikanischen Patente Nr. 500.630 vom 4. Juli 1893, das am 18. Juli 1892 nachgesucht war, hat Elihu Thomson in Lynn, Mass., eine Vorkehrung angegeben, um in einem Schwingungskreise von gewisser Selbstinduktion und Kapazität elektrische Schwingungen durch einen Funkenstrom mit einer Frequenz von 30.000—40.000 in der Sekunde zu erzeugen. Es war ihm jedoch nicht gelungen, die Frequenz der-

artig zu steigern, daß man diese Einrichtung auch für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie verwenden konnte. Erst Valdemar Poulsen wies nach, daß nur dann mehrere Millionen Schwingungen in der Sekunde von hoher Intensität erzielt werden können, wenn der Lichtbogen sich in einem Wasserstoffstrome befindet (Abb. 3). Die Anbringung des Lichtbogens in einem Magnetfelde als auch die Anwendung einer hohlen Kupferanode, die, von innen durch Wasser gekühlt, sich einer Kohlenkathode gegenüber befindet, sind nur Hilfsmittel von sekundärer Bedeutung. Die Überlegenheit des Wasserstoffes im Verhältnis zur

Abb 3.



atmosphärischen Luft als Umgebung des Lichtbogens ist so groß, daß z. B. bei einer Schwingungszahl von 200.000 bis 300.000 in der Sekunde etwa zwölf atmosphärische Lichtbogen zu einer Reihe verbunden werden müssen, um ein Zehntel der Schwingungsintensität zu erhalten, die ein einziger Wasserstofflichtbogen leistet. Die lange gesuchte technische Lösung der Darstellung ungedämpfter Wellen, welche von verschiedenen Seiten versucht wurde, ist also in so hervorragender Weise erst Herrn Valdemar Poulsen gelungen. Welche Anwendung er für die drahtlose Telegraphie von dieser Erfindung gemacht hat, werden wir in Abschnitt IV: »Besondere Einrichtungen« näher kennen lernen. Wir betrachten zunächst diejenigen Einrichtungen, welche man unter

Systemen und Schaltungen in der Wellentelegraphie versteht.

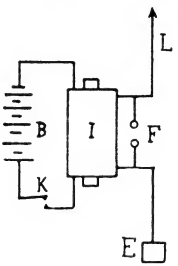
4. Systeme und Schaltungen der drahtlosen Telegraphie.

Geberschaltungen.

Marconi.

Das System entstand aus den Versuchen von Marconi im Jahre 1896. Wenn auch im Laufe der Jahre mancherlei Verbesserungen auf Grund der praktischen Erfahrungen eingeführt wurden, so ist doch in dem Prinzip dieses Systems nichts geändert worden.

Abb. 4.



Unter Weglassung aller nebensächlichen Teile ist in der Skizze Abb. 4 die Geberanordnung des Marconi-Systems dargestellt. Es bedeuten: *I* der Induktor, *F* die Funkenstrecke, *L* der Luftleiter, *E* die Erde. Wie das Schema ergibt, ist bei dieser Anordnung Luftleiter und Erde direkt mit der Funkenstrecke verbunden. Diese Art der Verbindung stellt ein Hauptmerkmal der Marconischen Anordnung dar. Diese Verbindungsweise von Luftdraht und Erde wird fachmännisch als »feste Koppelung« bezeichnet. Das Marconi-System zeichnet sich also dadurch aus, daß es eine sehr einfache Schaltung, keine besonderen Schwingungskreise hat und bei geringem primärem Energieaufwande bedeutende Energie an den Luftdraht abgibt und infolgedessen sich besonders zur Übertragung von Wellen auf große Entfernungen eignet.

Zufolge der festen Koppelung des Luftleiters ist aber die Abstimmungsschärfe sehr gering, d. h. die von einem solchen Sender ausgehenden Wellen können von einem beliebigen Luftleiter aufgenommen werden. Diese Eigentümlichkeit bewirkt, daß es schwer ist, von verschiedenen Seiten kommende Telegramme auseinanderzuhalten. Zwei Stationen, welche gleichzeitig Telegramme aufgeben, hören sich gegenseitig und können sich völlig stören.

Braun.

Professor Braun in Straßburg war der erste, der sich mit der Theorie der geschlossenen Schwingungskreise und ihrer Anwendung in der drahtlosen Telegraphie beschäftigte. Durch seine Bestrebungen, die Intensität der Schwingungen zu verstärken, indem er einen geschlossenen Schwingungskreis aus Kapazität, Selbstinduktion und Funkenstrecke bildete und von diesen zwei Drähte abzweigte, von denen der eine den Luftdraht bildete, gelang es erst, größere Energiemengen dem Luftdrahte zuzuführen und hierdurch größere Reichweiten zu erzielen.

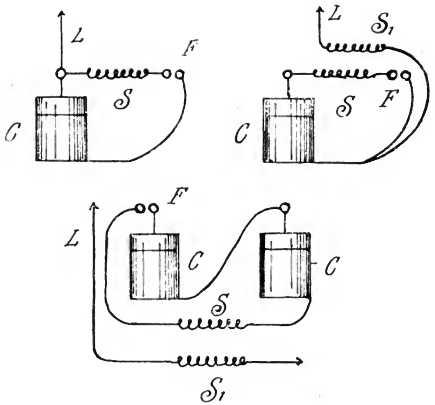
In der Abb. 5 sind einige Ausführungsformen dargestellt.[1])

C bedeutet in den Abbildungen eine Leydener Flasche, F eine Funkenstrecke, S die Induktionsspule und L den Luftdraht.

Zur Übertragung der Energie aus dem geschlossenen Kreise auf den Luftdraht benützt Braun nicht nur den direkten metallischen Anschluß — die sogenannte galvanische Koppelung — sondern bringt auch die induktive Koppelung zur Anwendung. Ein Vorteil der induktiven Anordnung ist, daß die Dämpfung im Luftdrahte bedeutend geringer wird als bei offenen Systemen.

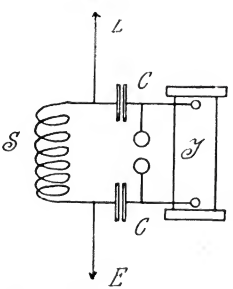
[1]) D. R.-P. Nr. 111.578.

Abb 5



Slaby.

Abb. 6



Eine Anordnung nach Slaby zeigt die Abb. 6 und unterscheidet sich diese von den Braunschen Anordnungen nur durch eine etwas geänderte Verteilung der in Betracht kommenden Vorrichtungen. Der Induktor *J* entladet sich über die Funkenstrecke *F* nach der Ladung des Schwingungskreises *C*, *S*, *C*, *F*, Luftdraht und Erdverbindung sind durch die Selbstinduktionsspule *S* miteinander verbunden.

Telefunken.

In Abb. 7 *a*, 7 *b* sind zwei Formen von gekoppelten Geberschaltungen dargestellt, welche am häufigsten angewandt werden. Die Schaltung nach Abb. 7 *a* ist wegen leichter Änderungsmöglichkeit der Wellenlänge für Schiffszwecke geeignet. Der geschlossene Schwin-

Abb. 7 *a*.

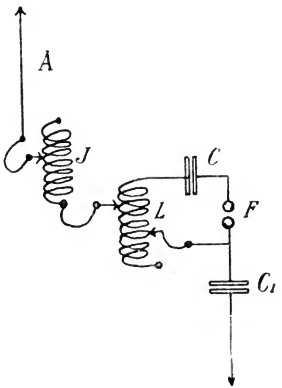
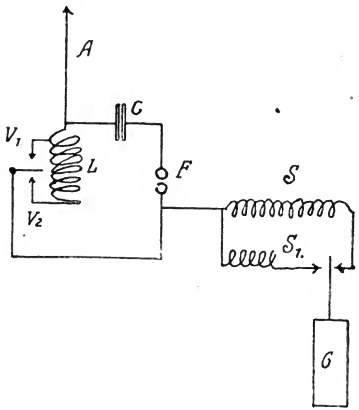


Abb. 7 *b*.



gungskreis enthält: die Kapazität C, die veränderliche Selbstinduktion L und die unterteilte Funkenstrecke F. An dem einen Ende der Selbstinduktion J liegt die Erdverbindung, während an das andere Ende der Spule der Luftdraht A mit jedem gewünschten Koppelungsgrade angelegt werden kann. Die Wellenlänge des Luftleiters läßt sich mittels der Selbstinduktion J und des Erdkondensators C_1 in bestimmten Grenzen verändern. Die Schaltung nach Abb. 7 *b* dient für fahrbare Stationen mit einfachem, 200 *m* langem Luftleiter,

welcher durch einen Ballon oder Drachen getragen wird. Bei dieser Anordnung kommen nur zwei bestimmte Wellenlängen zur Anwendung. Bei der einen Wellenlänge wird die Grundschwingung und bei der zweiten die erste Oberschwingung des Drahtes erregt.

Der Erregerkreis besteht aus der festen Kapazität C, der unterteilten Funkenstrecke F und der Selbstinduktion L. Die Selbstinduktion L ist für die Erregung der kurzen Welle nur zum Teil durch die Verbindung V_1 und für die Erregung der langen Welle durch die Verbindung V_2 ganz eingeschaltet.

An den Erregerkreis sind einerseits der Luftdraht A und anderseits zwei Spulen S und S_1 angeschlossen. Die Selbstinduktion einer dieser Spulen in Verbindung mit der Kapazität des Gegengewichtes G bewirkt die elektrische Ausbalancierung des Luftdrahtes. Die Spule S dient zur Ausbalancierung bei Grundton, die Spule S_1 bei Erregung durch Oberton.

Schaltungsschema einer vollständigen Station.

Abb. 7 *c* zeigt ein Schaltungsschema einer vollständigen Station nach Telefunken, es bezeichnen:

A den Luftdraht
B Blitzschutz
C Durchführung
D Kurzschlußfunkenstrecke
E Luftdrahtkapazität
F Veränderliche Luftdrahtselbstinduktion
G Veränderliche Erregerselbstinduktion
H Taster
J Blockierung
K Induktorium
L Flaschengestell
M Funkenstrecke
N Hochfrequenzsicherung
O Sicherung
P Wechselstrommaschine
R Kurzschlußfunkenstrecke
S Doppelschalter
T Batterie
V Morse Apparat
U Polarisationszellen
W Klopfer
X Relais
Y Kleiner Empfangskondensator

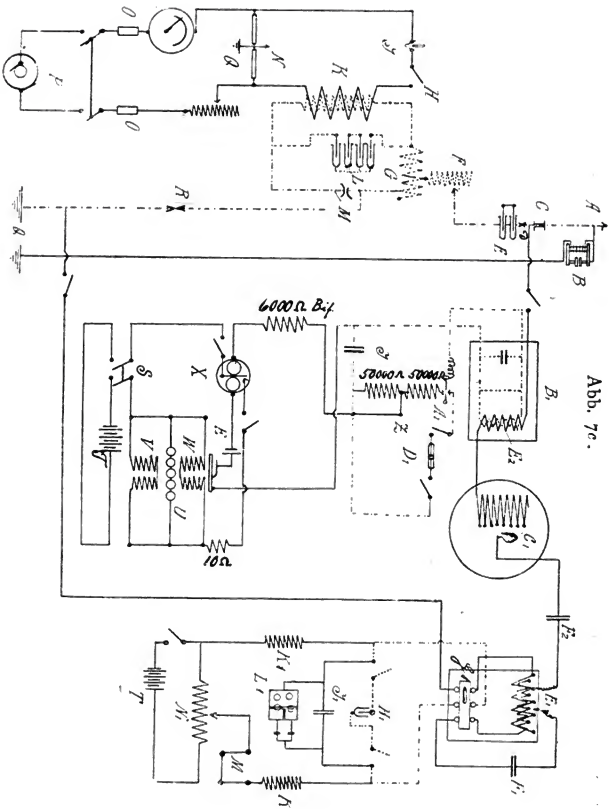


Abb. 7c.

Z Kippschalter
A_1 Druckknopf
B_1 Schreibtransformator
C_1 Abstimmspule
D_1 Fritter
E_1 Hörtransformator
E_2 Schreibtransformator
F_1 Reihenschlußkondensator
F_2 Erdkondensator
G_1 Walzenschalter
He Wellenempfänger (Zelle)
J_1 Parallelkondensator
K_1 Drosselspulen
L_1 Stöpselkondensator
M_1 Fernhörer
N_1 Schiebewiderstand

Marconi. Geschlossene Geberschaltung.

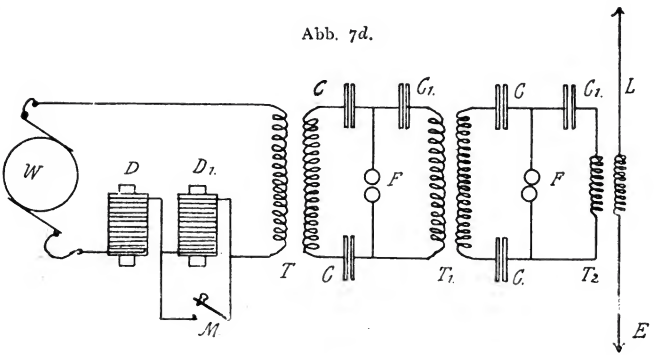
Bei der ersten Anordnung von Marconi war die Funkenstrecke direkt einerseits mit dem Luftdrahte und anderseits mit der Erde verbunden. Zu gleicher Zeit wie Braun in Straßburg wandte Marconi ebenfalls den geschlossenen Schwingungskreis an, dessen Schwingungen induktiv auf den Luftdraht übertragen wurden. Die Anordnungen des geschlossenen Schwingungskreises von Marconi stimmen mit denen von Braun überein.

Eine Anordnung von geschlossenen Schwingungskreisen, wie sie von Marconi auf der Station Poldhu benützt werden, zeigt Abb. 7 *d*. Eine Wechselstrommaschine W mit einer Leistung von 50 KW. liefert den Strom. Derselbe fließt durch die Drosselspule D D_1 und die Primärspule des Transformators T, durch welchen die Spannung auf 20.000 Volt gebracht wird. Die Sekundärspule des Transformators T entladet sich durch die beiden Kondensatoren C C über die Funkenstrecke F, welche im Nebenschlusse zu einem zweiten Kondensator C_1 (von einer Kapazität von 1 Mikrofarad) und der Primärspule des zweiten Tesla-Transformators T_1 liegt. Zur Erregung des primären Stromkreises des Tesla-Transformators T_1 steht eine Kapazität von 1 Mikrofarad zur Verfügung, welche auf eine Spannung von 20.000 Volt geladen werden kann.

Ein ähnlicher Stromkreis wie der, welcher die Sekundärspule des Transformators T mit der Primärspule des Transformators T_1 verbindet, stellt die Verbindung (durch die Sekundärspule von T_1 mit der Primärspule) eines dritten Tesla-Transformators T_2 her, dessen Sekundärwicklung einerseits mit dem Luftdrahte und anderseits mit der Erde verbunden ist.

Die beiden Kondensatoren C C sollen eine Lichtbogenbildung zwischen der Funkenstrecke F ver-

Abb. 7*d*.



hindern. Teilweise dient zu dem gleichen Zwecke die Drosselspule D, deren Eisenkern soweit eingetaucht ist, daß eine dauernde Lichtbogenbildung bei F verhindert, aber ohne daß die oszillatorische Entladung des Kondensators C_1 gestört wird. Parallel zu der Drosselspule D_1 liegt der Taster M.

Lee de Forrest.

Das System de Forrest, welches in Amerika stark verbreitet ist, beruht auf der Verwendung der

Lecherschen Drahtanordnung. Abb. 8 zeigt die Senderanordnung: Parallel zum Induktor K liegen die Funkenstrecke F und der Kondensator C, welche den Erregerkreis bilden.[1]) Von dem Kondensator gehen zwei Drähte ab, welche, einer halben Wellenlänge gleich, dem Er-

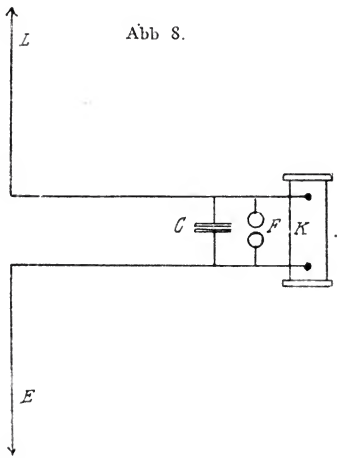


Abb 8.

reger parallel laufen. Am Ende, wo sich der Schwingungsknoten befindet, läuft der Draht nach oben als Luftleiter und nach unten zur Erde ab. Da man in der Praxis die Drähte nicht lang ausspannen kann, hat de Forrest sie durch zwei nebeneinanderliegende Drähte, aus welchen ein Kabel gebildet wurde, ersetzt. Dieses Kabel wurde als Spule in Schraubenwindungen von nicht zu starker Steigung aufgewunden.

[1]) D. R.-P. Nr. 157.346 und Nr. 161.898.

Als besondere Anordnung bei dem Systeme de Forrest ist noch die Anordnung der Luftdrähte zu erwähnen.

Als wesentlichen Vorteil gegenüber anderen Systemen nimmt de Forrest eine größere Übertragungsgeschwindigkeit für sich in Anspruch.

Fessenden.

Entgegen allen anderen Systemen, welche intermittierend arbeiten, sendet der Erregerkreis von Fessenden kontinuierliche Wellen aus.[1]) Zur Nachrichtenübermittlung wird die Periodenzahl des Gebers in oder außer Resonanz mit dem Empfänger während gewisser Zeitabschnitte gebracht, was durch einen mit Öl gefüllten Kasten mit mehreren parallel angeordneten Drähten und dazugehörigen Kontakthebeln, welche ebenfalls in dem Kasten angeordnet sind, bewirkt wird. Die Hauptrolle für den Empfangenden spielt hierbei die genaue Kenntnis der Wellenlänge.

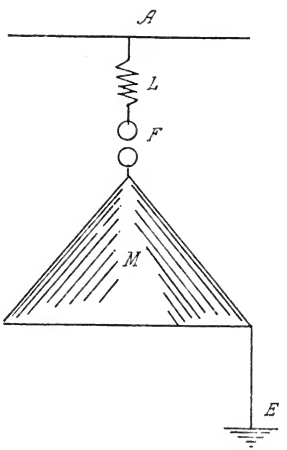
Eine weitere Anordnung Fessendens[2]) bezieht sich auf eine Einrichtung zur Wellenausstrahlung, bei welcher ein Teil des Luftleiters zur Erzielung einer großen Kapazität in Form eines Konus gestaltet ist. Dieser Metallkonus besteht entweder aus einem Metallblatte M (Abb. 9) oder aus einem Netzwerk von Drähten und soll dazu dienen, die ausgestrahlten Wellen abzulenken und längs der Erdoberfläche zu führen. Ein horizontal angeordneter Leiter A, von der Länge des Durchmessers der Basis dieses Konus, dehnt sich in der Richtung aus, in welcher die Wellen gesandt werden. Zwischen dem Leiter A und dem Konus M befindet sich die Funkenstrecke F, welche mit dem wagerechten Leiter A durch eine Selbstinduktion L verbunden ist.

[1]) D. R.-P. Nr. 148.539 und Nr. 156.101.
[2]) Electrical World. 1904, Heft 3.

Eine weitere Anordnung Fessendens bezieht sich auf die Umwandlung von Wechselströmen in hochfrequente Oszillationen. Es wird dies durch die Kuppelung des Generators mit einer Dampfturbine erreicht, welche 25.000 bis 30.000 Umdrehungen pro Minute macht.

Der Generator ist eine Wechselstrommaschine mit rotierenden Polen, die auf einem Transformator arbeitet. Die sekundäre Wicklung des Transformators entladet sich über eine Funkenstrecke, zu welcher parallel ein Kondensator geschaltet ist. Luftdraht und Erde liegen bei dieser Anordnung an der Funkenstrecke.

Abb. 9



Eisenstein.[1])

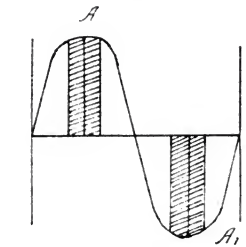
Bei den meisten Systemen ist es üblich, für den Sender als Energieerreger einen einphasigen Wechselstrom zu benützen. Eine Ausnahme machen nur solche Systeme, welche für bestimmte Zwecke, wie z. B. für gerichtete Telegraphie, dienen.

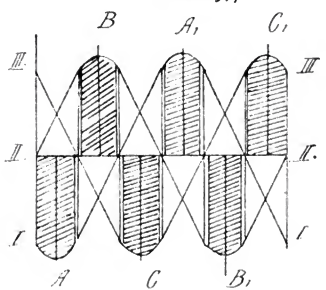
Eisenstein verwendet als Energieerreger einen mehrphasigen Wechselstrom, dessen Spannungskurven Abb. 10 bei einem dreiphasigen Wechselstrom veranschaulicht. Es erfolgen hier die Entladungen ebenfalls

[1]) D. R.-P. Nr. 175.43[8].

wie dies bei dem einphasigen Wechselstrome heute üblich ist, in der Nähe des Spannungsmaximums, also in der Nähe der Linien A, B, C, A_1, B_1, C_1 (Abb. 10), es tritt gegenüber der nächsten Figur (Abb. 11) offenbar

Abb. 10.

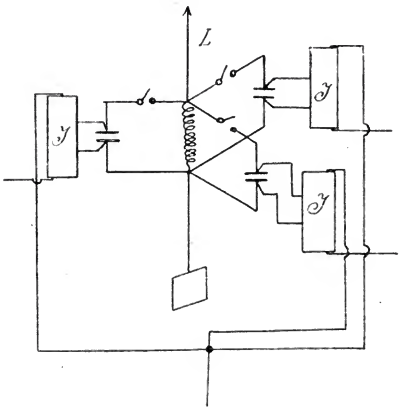




eine Vervielfachung der Entladungen ein. Durch Wahl eines entsprechenden hochphasigen, beispielsweise eines sechs- oder neunphasigen Stromes kann auf diese Weise ohne weiteres die Entladungszahl so vergrößert werden, daß das Abhören mittels Telephons vollständig ausgeschlossen ist. Will man bereits bei einem drei-

phasigen Wechselstrome die Entladungszahl so hoch halten, daß ein Abhören mittels Telephons vermieden wird, so wird man dies auch hier durch Einstellung der Funkenstrecke bei geringer Spannung erhalten, wie es in der Abb. 10 durch die schraffierten Entladungskomplexe A, B, C, A_1, B_1, C_1 kenntlich gemacht ist. Da jeder Entladungskomplex eine ganze Reihe von

Abb. 11.



nacheinanderfolgenden Entladungen hervorruft, so wird die Entladungszahl bedeutend vergrößert werden. Durch Benützung von mehrphasigem Wechselstrome sollen eine ganze Reihe besonderer Vorteile erreicht werden. Zunächst zeigt die Abb. 10, daß die Entladungskomplexe bei einem drei- oder mehrphasigen Wechselstrome durch entsprechende Einstellung der Funkenstrecke so gewählt werden können, daß zwischen zwei Entladungskomplexen gewisse Differenzen vorhanden

sind oder daß sich die Entladungskomplexe ohne Zwischenraum aneinanderreihen oder sich zum Teile decken. Hierdurch wird ein ständig erregter Sender erzeugt.

Außerdem hat dieses System den Vorzug, daß es in der gleichen Zeit wie bisher eine wesentlich größere Energiemenge aussenden kann, was besonders für solche Empfangssysteme wichtig ist, deren Empfänger auf Strom ansprechen. Des weiteren kann die Geschwindigkeit der Abgabe von Morse-Zeichen bedeutend erhöht werden, da die Gefahr, daß ein Zeichen in eine Zeit fällt, wo der Sender nicht erregt wird, bei dieser Anordnung ausgeschlossen ist. Auch kann man durch geeignete Schaltungsweise die von den einzelnen Phasen erzeugten Entladungen selbständig zur Absendung von Telegrammen benutzen, so daß mit dem gleichen Sender gleichzeitig eine Reihe von Telegrammen abgesandt werden kann, ohne daß eine gegenseitige Beeinflussung stattfindet. Hierfür ist es besonders zweckmäßig, den durch die einzelnen Stromphasen erzeugten Entladungen durch geeignete Vorrichtungen voneinander verschiedene Wellenlängen zu geben, so daß die von dem gleichen Sender abgehenden Depeschen verschiedener Wellenlänge von einer der Phasenzahl entsprechenden Anzahl Empfangsapparate aufgenommen werden können.

In Abb. 11 ist die Geberanordnung schematisch dargestellt.

Eine weitere Verbesserung dieses Systems[1]) bezweckt, alle Phasenströme zur Absendung einer Depesche zu benutzen, wobei ein Teil der Phasen zur ständigen Erregung des Senders dient, während in schneller Abwechslung eine oder mehrere Phasen zur Zeichenabgabe benutzt werden.

[1]) D. R.-P. Nr. 177.659.

Heinicke.

Der Heinicke-Transformator besteht aus einem Metallzylinder, welcher mit einem Dielektrikum umgeben und mit einer Wicklung von Kupferdraht oder Kupferband mit voneinander isolierten Windungen versehen ist (siehe Abb. 12). Diese Wicklung, welche den Metallzylinder umgibt, ist mit ihren Enden L_1 und L_2 an einen Kondensator geführt und durch diesen geschlossen, so daß ein Schwingungskreis entsteht, dessen Konstanten durch die Selbstinduktion der Wicklung L und durch die Kapazität des Kondensators C gegeben

Abb. 12.

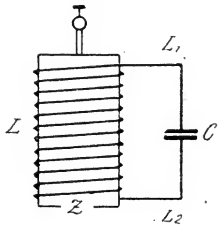
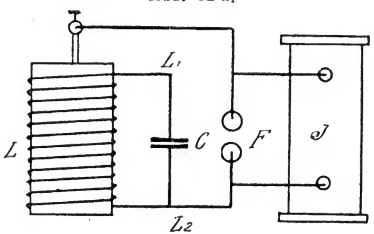


Abb. 12 a.



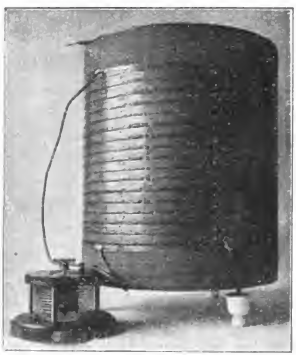
sind. Durch diese beiden Größen ist die Wellenlänge der Schwingungen, welche in dem Kreise entstehen, festgelegt.

Die Wicklung L bildet gegenüber der Oberfläche des Zylinders, von welcher sie durch eine isolierende Schicht passender Dicke und geeignetem, gegen Durchschlagen die nötige Sicherheit gebendem Materiale getrennt ist, die zweite Belegung eines Kondensators, so daß eine dem Zylinder mitgeteilte elektrische Ladung die Wicklung L beeinflußt. Der einfachste Fall der Schaltung eines solchen Transformators ist in Abb. 12 *a* schematisch dargestellt, es bedeuten, außer den in

Abb. 12 gebrauchten Bezeichnungen, J einen Induktor und F eine Funkenstrecke. Abb. 12 *b* zeigt die äußere Ansicht des Transformators.

Sobald bei F ein Funkenübergang eintritt, entstehen in den beiden (wie die Belegungen einer Leydener Flasche wirkenden) Teilen Z und L elektrische Schwingungen. Da die in der Wicklung L schwingende Elektrizität die Windungen nacheinander durchlaufen muß,

Abb. 12 *b*.



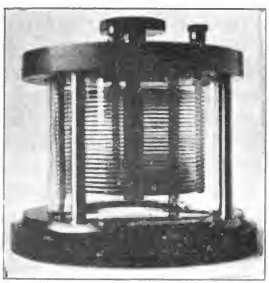
so werden in der Wicklung neue Schwingungen angeregt, welche ihren Ausgleich in dem Kreise LL_1, CL_2 nehmen und im Falle der Resonanz ganz außerordentlich stark werden können.

Die Vorrichtung ist nach Vorstehendem also ein Transformator, dessen Sekundärspule nicht wie bei den technischen Transformatoren durch das Zwischenglied eines magnetischen Kraftliniensystems, sondern infolge der Influenz des primären Teiles auf den sekundären erregt wird. Man könnte den Unterschied derart be-

zeichnen, daß man sagt, die technischen Wechselstromtransformatoren besitzen eine »magnetische Koppelung«, der Schwingungstransformator nach Heinicke dagegen eine »statische Koppelung«.

Infolge seiner Eigenarten ermöglicht der Heinicke-Transformator eine ungemein große Anzahl von Schaltungen für drahtlose Telegraphie, welche Vorteile nach verschiedenen Richtungen ergeben. Zwei solche Schaltungen sind in Abb. 17 und 18 gekennzeichnet.

Abb. 12 *c*.



Für alle Verwendungsweisen des Transformators ist es nötig, den Schwingungskreis mit den übrigen schwingenden Teilen in Resonanz zu bringen. Im allgemeinen wird die Resonanz schon durch passende Dimensionierung des Zylinders und der Wicklung vorbereitet, die genaue Einstellung kann durch Änderung des Kondensators *C* geschehen. Um dieselbe schnell und bequem vornehmen zu können, bedient man sich der regulierbaren Kondensatoren (siehe Abb. 12 *c*), welche an anderer Stelle beschrieben sind. Für stationäre Zwecke kann der auf den nötigen Betrag eingestellte

Kondensator durch einen festen Kondensator von gleichem Betrage ersetzt werden.

Die Transformatoren sind äußerst dauerhafte und relativ billige Apparate und unterscheiden sich hierdurch vorteilhaft von den in anderen Systemen der drahtlosen Telegraphie gebräuchlichen Batterien von Leydener Flaschen, deren Zerbrechlichkeit einen Übelstand bildet, um so mehr, als durch das Zerspringen nur einer Flasche der ganze Apparat verstimmt wird.

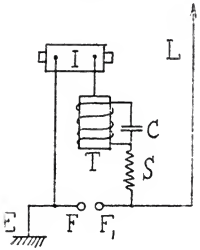
Der in Abb. 12 *b* dargestellte Transformator dient für Stationen von 150 *km* Reichweite über Land. Er hat 60 *cm* Durchmesser und 70 *cm* Höhe ohne Isolierstützen, besteht aus einem Zylinder von Zinkblech, welcher durch hölzerne Scheiben versteift und mit einer Lage Isolierstoff in Stärke von 3 *mm* umgeben ist. Auf diese Schicht, welche einer Spannung von 75.000 Volt widersteht, ist ein Kupferband, 20 *mm* breit und 0·1 *mm* dick, in 17 Windungen aufgewickelt. Der Transformator ist für Wellenlängen von 250 — 1000 *m* brauchbar, je nach der Bemessung des zugehörigen Kondensators.

Für Stationen größerer Reichweite können zwei oder mehr solcher Transformatoren parallel oder auch unter Umständen in Reihe geschaltet werden. Auch gemischte Schaltungen sind möglich und werden zweckentsprechend ausgeführt. Für kleinere Stationen dienen kleinere Modelle, und es ist für tragbare Stationen eine plattenförmige Konstruktion zwecks möglichster Raumersparnis gemacht worden.

Der Transformator vereinigt, wie aus obigem folgt, gewissermaßen in sich einen Kondensator und eine Selbstinduktion zu einem einzigen Apparate, und außerdem ist ein Kreis vorhanden, in welchem elektrische Schwingungen erzeugt werden, welche beliebig zur Verwendung kommen können. Vermöge dieser Eigenschaften kann der Heinicke-Transformator zur Her-

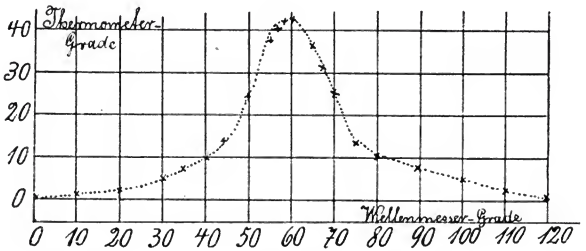
stellung von Schaltungen dienen, welche auf keine Weise durch Anwendung von bloßen Kondensatoren

Abb. 13.



und Selbstinduktionsspulen möglich sind, und die Mannigfaltigkeit der mittels des Transformators zu er-

Abb. 14.

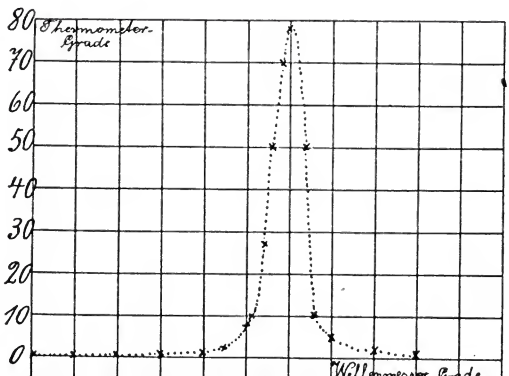


zielenden Schaltungsweisen und Verbindungen ist es, welche dem Apparate seine Bedeutung verleiht.

Eine Schaltung, welche dem Marconi-Sender ähnlich erscheint, ist in Abb. 13 dargestellt. Hierbei

ist L der Luftdraht und E die Erde, welche an die Funkenstrecke angeschlossen, also wie bei Marconi festgekoppelt sind, und demzufolge ist eine große Energieaufnahme im Luftdrahte gewährleistet. Eine Nachlieferung von Energie und eine Steuerung der im Luftdrahte entstehenden Schwingungen wird durch den Transformator T erreicht.

Abb 15.



Es entstehen bei dieser Schaltung, wie die Messungen (mit Hilfe eines Wellenmessers nach Dönitz) ergeben haben, nachfolgende drei Schwingungen, die miteinander in Resonanz gebracht werden müssen.

1. Die Erregerschwingung, deren Frequenz durch die Kapazität der Funkenstrecke und die Selbstinduktion der Zuleitung bestimmt ist.

2. Die Eigenschwingung des Luftleiters.

3. Die Resonanzschwingung, die in dem aus der Wickelung des Heinicke-Transformators und dem Kondensator C gebildeten Schwingungskreise entsteht.

Zu dieser Resonanzschwingung sei bemerkt, daß die Frequenz derselben durch die Selbstinduktion der Wickelung und durch die Kapazität des Kondensators gegeben ist, jedoch kommt die Selbstinduktion der Wickelung nicht voll zur Geltung, da dieselbe gleichzeitig als Kapazität wirkt, es ist aber eine gleichmäßige Verteilung von Kapazität und Selbstinduktion hierdurch erzielt.

Stehen diese drei Kreise miteinander in Resonanz, was durch passende Wahl von S und C erreicht wird, so entstehen im Luftdrahte sehr reine Schwingungen, die frei von Ober- und Unterschwingungen sind.

Abb. 14, 15 und 16 zeigen Resonanzkurven, die alle unter vollständig gleichen Verhältnissen der zu messenden Anordnungen und Meßvorrichtungen aufgenommen wurden und belegen obige Behauptung.

Es zeigt Abb. 14 die Resonanzkurve des Luftleiters bei der einfachen Marconi-Schaltung (im Luftdrahte gemessen), Abb. 15 die Resonanzkurve des Transformators im Schwingungskreise TC gemessen, Abb. 16 die Resonanzkurve einer Schaltung nach Skizze Abb. 13 im Luftdrahte gemessen.

Der primäre Energieverbrauch ist bei allen Schaltungen mit Transformator sehr gering, da im Schwingungskreise des Transformators keine oder nur sehr geringe Verluste auftreten.

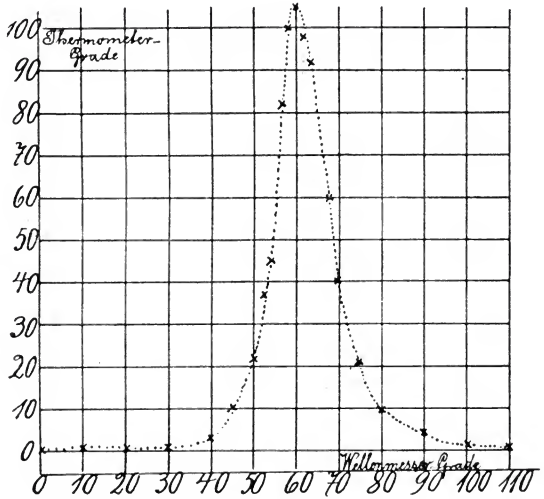
Die im Schwingungskreise des Transformators auftretenden Schwingungen sind nahezu ungedämpft, da keine Funkenstrecke im Schwinkungskreise enthalten ist. Die Erregung der Schwingungen im Schwingungskreise ist eine statische.

Die Eigenschwingung des Systems läßt sich durch Veränderung der Kapazität bis zu gewissen Grenzen

ändern, jedoch nimmt die Amplitude der Schwingungen bei zu großer Kapazität ab, bei einem Minimum erreicht die Amplitude ihren höchsten Wert.

In Abb. 17 ist eine geschlossene Schaltung dargestellt, in welcher der Luftdraht von einem schwach-

Abb. 16.



gedämpften Schwingungskreise erregt wird, infolgedessen tritt bei den Empfangsanordnungen die Resonanzwirkung bedeutend intensiver auf als bei den Systemen, die durch einen Kreis mit Funkenstrecke den Luftdraht direkt oder indirekt erregen.

Bei Einsetzen des Funkens bei FF_1 schwingt der Kreis $L L_1$. Die Kapazität der Wickelung gegen den

Metallzylinder T (Kreis *1*) zwingt dem Kreise *2* seine Schwingung auf, da aber der Kreis *2* keine Funkenstrecke enthält, so sind die Schwingungen nur schwach gedämpft, und es wird infolgedessen der Luftdraht, der mit dem Schwingungskreise verbunden ist, nur schwach gedämpfte Schwingungen ausstrahlen. Die stärkste Wirkung wird aber dann auftreten, wenn

Abb. 17.

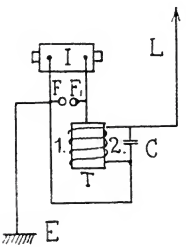
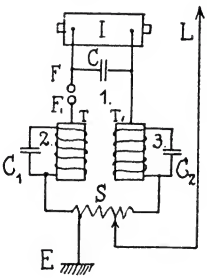


Abb. 18.



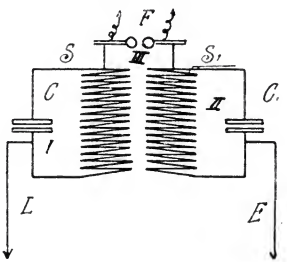
der Kreis *1* mit dem Kreise *2* und dem Luftdrahte in Resonanz ist.

Das Wesentliche dieser Schaltung ist die Art und Weise, wie der schwachgedämpfte Kreis *2* mit dem Kreise *1* (welcher die Funkenstrecke enthält) gekoppelt ist. Diese Koppelung ist ebenfalls statisch und das wesentliche Merkmal ist: die geringe Streuung, welche infolge der gleichmäßig verteilten Kapazität und Selbstinduktion erzielt wird, ferner daß bei relativ fester Koppelung eine größere Energieübertragung stattfindet.

In Abb. 18 ist ebenfalls eine geschlossene Schaltung dargestellt, bei der parallel zum Induktor I eine abgestimmte Kapazität C geschaltet ist. Vom Induktor führen ferner zwei Leitungen, von denen die eine durch eine

Funkenstrecke FF_1 unterbrochen ist, zu den Erregersystemen L und L_1, deren Schwingungskreise *2* und *3* durch eine Selbstinduktionsspule S miteinander verbunden sind. An die Spule S ist der Luftdraht L und Erde E angeschlossen. Die Vorgänge bei dieser Schaltung sind die gleichen wie bei der vorhergehenden. Der Schwingungskreis *1* erregt beim Übergange des Funkens bei FF_1 die Kreise *2*, *3* und den Luftdraht L. Es treten bei dieser Schaltung drei Schwingungen auf, von denen man zwei vollständig in Resonanz bringen kann,

Abb. 19.



während die Frequenz der dritten Schwingung geringer ist als die der beiden in Resonanz befindlichen.

Bei den beiden letzten Schaltungen kann dem Luftdrahte durch Veränderung der Frequenz der Resonatorkreise beliebige Frequenz aufgezwungen werden, dies erhellt aus folgender Versuchsreihe.

Die Verhältnisse waren wie in Abb. 17. Die Eigenschwingung des Luftdrahtes war 475 *m*. Der variable Kondensator C bestand aus acht festen und sieben beweglichen Platten in Öl. Die größte Kapazität des Kondensators betrug 1350 *cm*.

Die Eigenschwingung des Kreises *1*, bestehend aus der Zuleitung, das heißt deren Selbstinduktion, und der Kapazität der Spule gegen den Zylinder war 77 *m*, im Schwingungskreise gemessen.

Die Eigenschwingung des aus der Selbstinduktion der Wickelung und dem variablen Kondensator *C* gebildeten Schwingungskreises *2* ergab nach Abschaltung des Luftdrahtes folgende Resultate:

Stellung des variablen Kondensators	Wellenlängen I	II
5^0	77	118
10^0	75	132
15^0	77	134
20^0	73	136
25^0	73	140
30^0	75	144
60^0	72	160
86^0	72	190

Die Schwingungen des Kreises *1* änderten sich nur unwesentlich, es können auch Beobachtungsfehler sein.

Bei angehängtem Luftdrahte ergaben sich im Luftleiter die gleichen Schwingungen, wobei die Amplitude von *2* um ein Bedeutendes die von *1* überwog. Die Eigenschwingung des Luftleiters war dagegen nur schwer aufzufinden.

Eine andere Ausführungsform des Heinicke-Transformators zeigt die Abb. 19. Bei dieser Anordnung sind zwei Wickelungen von gleicher Eigenschwingung übereinanderliegend angeordnet und durch ein geeignetes Dielektrikum voneinander getrennt. Die Enden der Wickelungen *S* und S_1 sind mit den variablen Kondensatoren *C* und C_1 verbunden und bilden somit die Schwingungkreise *I* und *II*. Diese Schwingungskreise sind an die Funkenstrecke *F* angeschlossen, welche durch einen Induktor gespeist wird. Es bildet sich somit

ein dritter Schwingungskreis III, welcher die Funkenstrecke enthält.

Um den Effekt im Luftdrahte L zu erhöhen, wird durch Veränderung der variablen Kapazitäten C und C_1 die Frequenz der beiden symmetrischen Schwingungskreise mit der Hauptschwingung der beiden Kreise gegeneinander in Resonanz gebracht und so die Wirkung verstärkt.

Braunerjhelm.[1])

Braunerjhelm hat bei seinen Anordnungen den Luftleiter gleichzeitig als Schwingungskreis ausgebildet, um größere Energieausstrahlungen der wirksamen Teile zu ermöglichen.

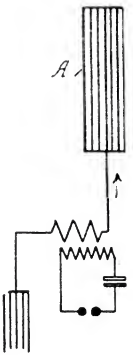
Wenn man als Sendedraht einen einfachen Leiter benützt, so erhält man in dieser Leitung bei Erregung elektrischer Schwingungen den Maximalwert der Stromstärke in dem unteren Teile dieses Drahtes, während am oberen Ende des Drahtes die Stromstärke Null wird. Der Spannungsbauch dagegen bildet sich am oberen Ende des Senders aus, und es ist die Spannung am unteren Teile des Senders verhältnismäßig gering. Für die Fernwirkung ist indessen der obere Teil der Luftleitung von der größten Bedeutung, weil das elektromagnetische Feld (welches sich vom unteren Teile des Luftleiters verbreitet) in beträchtlichem Grade durch naheliegende Gegenstände gedämpft und absorbiert wird, so daß die Fernwirkung hauptsächlich durch den oberen Teil des Luftleiters erzielt wird.

Um die Stromstärke und dadurch die Energieausstrahlung zu vergrößern, hatte man bisher die Anzahl der Drähte am oberen Teile des Leiters vermehrt (Abb. 20). Zieht man indessen den Sendedraht oberhalb

[1]) D. R.-P. Nr. 178.854.

des Netzes weiter aus und wird die gleiche Höhe des Netzes wie bisher beibehalten, so wird eine vergrößerte Energieausstrahlung des Netzes erreicht, da jetzt die Stromstärke am oberen Ende des Netzes nicht mehr Null wird, sondern auf der ganzen Länge des Netzes einen gewissen Wert behält, der größer ist als die Stromstärke in entsprechenden Punkten in Abb. 20, wobei die Vergrößerung von der Kapazität der Verlängerung abhängig ist. Diese Vergrößerung der Energieausstrahlung des Netzes wird indessen lediglich durch eine entsprechende Vergrößerung der gesamten Höhe des Sendedrahtes erreicht, welche jedoch, wie leicht ersichtlich, praktisch nicht möglich ist, weil man schon an und für sich dem Netze eine praktisch erreichbare Höhe geben wird.

Abb. 20

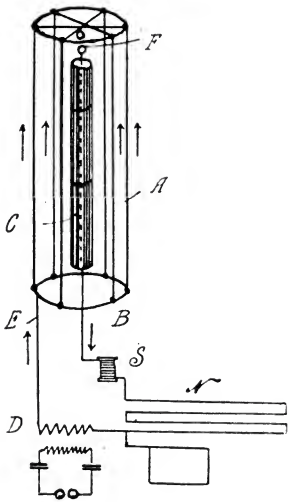


Braunerjhelm sucht unter Beibehaltung begrenzter Höhe des Sendedrahtes eine verstärkte Wirkung dadurch zu erreichen, daß der senkrechte, zweckmäßig als Netz ausgeführte Teil des Sendedrahtes weniger als eine Viertelwellenlänge der im Schwingungskreise erregten Wellen erhält, während der übrige Teil der Viertelwelle in einer Verlängerung mit Schwingungsvermögen, aber ohne Fernwirkung aufgenommen wird.

Gibt man der Verlängerung *B* des Netzes *A* eine abwärtsgehende Richtung, so wird dieselbe erhöhte Stromstärke im Netze erreicht, während die gesamte Höhe der Luftleitung die Anordnung nach Abb. 20 nicht übersteigt. Der Strom in dem abwärtsgehenden Leiter wird indessen, wie ersichtlich, in entgegengesetzter Richtung dem Netzstrome gerichtet sein und würde somit der Fernwirkung entgegenwirken, wenn er zur Geltung kommen dürfte. Um eine solche Gegen-

wirkung zu verhindern, wird die abwärtsgehende Leitung *B* mit einer isolierenden Metallhülle *C* versehen, die zweckmäßig in Abschnitte geteilt wird, um das Entstehen schädlicher Eigenschwingungen zu verhindern.

Abb. 21.



In Abb. 21 ist eine Ausführung des geschlossenen Schwingungssystems dargestellt, bei welcher eine besondere Ausbildung des Netzes gezeigt wird, indem es als ein aus Drähten gebildeter Zylinder angeordnet ist, der unten mit der Leitung *E* der Erregerquelle in Verbindung steht und oben mit einem im Inneren des Zylinders abwärtsgehenden Drahte *B* verbunden ist, der durch ein in Sektoren geteiltes Metallrohr *C* isoliert

ist. Im übrigen ist die Luftleitung in bekannter Weise durch eine oder mehrere Spulen S und eine im Zickzack gelegte Leitung N derart ausgebildet, daß das Schwingungssystem einer ganzen Wellenlänge entspricht, wobei das Netz und die abwärtsgehende Leitung eine Viertelwelle und die Leitung N gleichfalls eine Viertelwelle aufnehmen, während die Spule S derart angepaßt ist, daß sie etwa in der Mitte einen Knotenpunkt der Spannung aufweist. Die Funkenstrecke F ist am oberen Ende des Netzes A in die abwärtsgehende Leitung B eingeschaltet. Diese Funkenstrecke bewirkt bei der Verwendung der Luftleitung als Sendedraht eine Verstärkung der Stromwelle gegen den oberen Teil des für die Fernwirkung wirksamen Teiles der Luftleitung.

Wenn dagegen die Luftleitung als Empfänger dient, trennt die Funkenstrecke den abwärtsgehenden Teil völlig von dem Schwingungssysteme ab, wobei die Verwendung der ganzen (einer Viertelwelle entsprechenden) Länge des Luftleiters, die durch die Ausschließung des genannten Teiles entsteht, durch Spulen oder dergleichen in der Leitung zum Fritter kompensiert wird. — Die Einrichtung der Apparate, welche die ankommenden Wellen zur Wirkung bringen, ist im nachstehenden Abschnitte dargestellt.

5. Die Wellenempfänger.

Die ankommenden Wellen haben eine so geringe Amplitude, daß man sie für die Betätigung der Empfangsapparate direkt nicht verwenden kann, sondern sie nur dazu benützt, einen Lokalstromkreis zu betätigen, welcher auf die Empfangsapparate wirkt. Man nennt solche Vorrichtungen Wellenempfänger, Detektor oder Wellenindikatoren. Ihre Einrichtung ist sehr verschieden, je nachdem man die Energie der ankommenden Wellen wirken läßt. Entweder verwendet man die

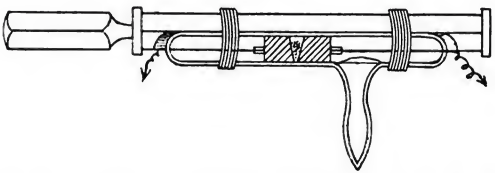
Erwärmung in einem Bolometer oder Thermoelement oder die Beeinflussung magnetischer Vorrichtungen usw. Zur ersteren Art gehören die Apparate von Fessenden, zur letzteren diejenigen von Marconi, beide gleich empfindlich. Auch evakuierte Röhren oder eine Quecksilberbogenlampe hat man für diese Zwecke verwendet. Sehr zahlreich sind die Konstruktionen mit unvollkommenem Kontakte, die man als Kohärer oder Fritter bezeichnet. Zu diesen gehören auch Empfänger mit Quecksilber- oder Kohlekontakten. Bei einer anderen Art von Wellenempfängern benützt man elektrolytische Wirkungen, wie z. B. bei den Apparaten von de Forrest, Fessenden, Schlömilch und Béla Schäfer. Wir können hier nicht auf alle die zahlreichen Apparate näher eingehen, sondern müssen uns auf einige wenige, die vornehmlich in Gebrauch sind, beschränken. Eine allgemein gültige Theorie über die Wirkungsweise der Empfänger wird man erst dann aufstellen können, wenn man die bisherige Ausnahmestellung der Elektrizitätslehre in der Naturwissenschaft verläßt und alle Wirkungen der elektrischen Erscheinungen als rein mechanischer Natur auffaßt. Es ist höchst charakteristisch für die Erklärung der Vorgänge, daß die Empfänger mit unvollkommenem Kontakte stets in einem Wellenbauche, die elektrolytischen Empfänger aber in einem Wellenknoten liegen müssen. Man kann auch nicht sagen, daß die eine Art von Empfängern sich besser für den Betrieb von Morse-Apparaten und die andere mehr für den Telephonhörer eignet, denn es gibt z. B. elektrolytische Empfänger, die für beide Arten von Empfangsapparaten geeignet sind.

Die Fritter.

Unter den Empfängern spielt in der drahtlosen Telegraphie als Empfänger der Körnerfritter von

E. Branly eine bedeutende Rolle, der später von Oliver Lodge auch Kohärer genannt wurde. Die Vorrichtung

Abb. 22.



besteht aus einer evakuierten Röhre, in deren Mitte sich zwei kleine Kolben aus Stahl oder Hartsilber

Abb. 22 *a*.

befinden. Die Kolben haben einen Abstand von etwa 1 *mm* und bilden einen parallelen oder keilförmigen

Abb. 22 *b*.

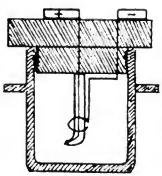
Spalt, zwischen dem sich feine, gleichmäßig große Körnchen aus Nickelsilber oder glashartem Stahl befinden. Die Endflächen der Kolben sind Hochglanz

poliert. Die Abb. 22 zeigt den Marconischen Fritter, welcher zum Schutze gegen Zerbrechen in der Höhlung eines Elfenbeinstäbchens festgebunden ist. Die Abb. 22 *a* und 22 *b* geben Ansichten eines regelbaren Vakuumfritters ohne und mit Schutzkappe von Hans Boas, Berlin. Es sind Hunderte von Konstruktionen in Gebrauch, so daß wir uns nur auf diese wenigen Vorkehrungen beschränken müssen.

Elektrolytische Empfänger von Schlömilch.

Der elektrolytische Empfänger nach Schlömilch ist eine Zersetzungszelle mit Platinelektroden, welche in verdünnte Säure eintauchen. Von den beiden Elektroden muß die eine (die positive) eine sehr kleine Oberfläche besitzen. Wird eine solche Zelle an eine Stromquelle angeschlossen, deren elektromotorische Kraft die gegenelektromotorische Kraft der Zelle um ein Geringes übertrifft, so daß schwache Gasentwicklung an den Elektroden stattfindet, so wird bei der Bestrahlung mit elektrischen Wellen sofort eine Stromverstärkung auftreten, was sich durch eine stärkere Gasentwicklung kenntlich macht. Durch Veränderung des Zersetzungsstromes wird die Empfindlichkeit der Zelle reguliert. Abb 23 zeigt die Ausführungsform einer solchen Zelle im Querschnitt. Ein Platindraht von 0·001 *mm* Durchmesser ist in ein Glasröhrchen eingeschmolzen und ragt etwa 0·01 *mm* hervor, um diese Glasröhre ist ein etwa 0·5 *mm* starker Platindraht als Schleife herumgelegt. Beide Drähte sind mit je einer Klemme verbunden. Die Zelle ist in einem Hartgummigefäße befestigt.

Abb. 23.



Fessenden.

Ähnlich wie der Elektrolytempfänger von Schlömilch ist der von Fessenden. Eine elektrolytische Flüssigkeit wird durch ein Diaphragma getrennt. Dieses Diaphragma ist in der Mitte mit einer sehr feinen Öffnung versehen. An jeder Seite des Diaphragmas ist eine kleine Metallelektrode angeordnet.

De Forrest.

Ein anderer Elektrolytempfänger ist der von de Forrest. Derselbe besteht aus zwei Metallelektroden in einem Glas- oder Hartgummirohr. In dem Zwischenraume der beiden Elektroden wird eine Paste eingetragen, die zu gleichen Teilen aus Feilspänen und Bleioxyd besteht, welche mit Glyzerin und Alkohol angerührt wird. Die Empfindlichkeit wird durch eine Stellschraube, welche mit einer der Metallelektroden verbunden ist, reguliert.

Béla Schäfer.

Der Empfänger besteht aus einem veränderbaren Widerstande, welcher aus einer Anzahl röhrenförmiger Zellen aus isolierendem Materiale gebildet wird. Die Zellen (Abb. 24) sind, wie der Querschnitt bei *F* zeigt, von fein durchlöcherten Diaphragmen getrennt. In den beiden letzten Abteilungen sind kleine Elektrodenkolben eingeschraubt, welche nach Bedarf auch in eine beliebige Zelle gesteckt werden können. Jede Abteilung hat oben ein Röhrchen, welches zum Einfüllen des Elektrolyten, zur Ableitung der Gase oder zum Einsetzen der Elektroden dient. Die Schaltung Abb. 24 zeigt die Anwendung des Apparates in einem Spannungsbauche, während die Abb. 25 die Schaltung

auf Strom in einem Knoten darstellt. Der Apparat kann nicht nur für einen Hörempfänger, sondern

Abb. 24.

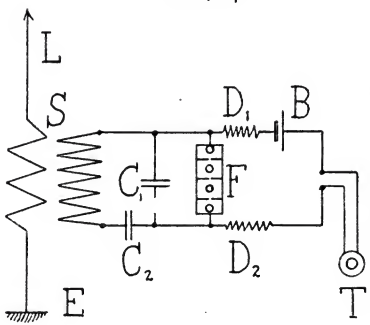
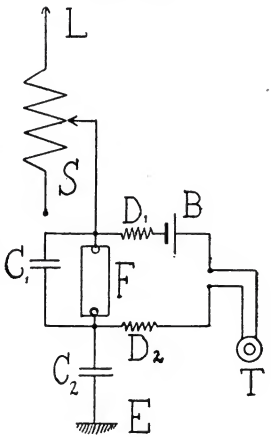


Abb. 25.



auch für den Betrieb eines Morse-Schreibers gebraucht werden.

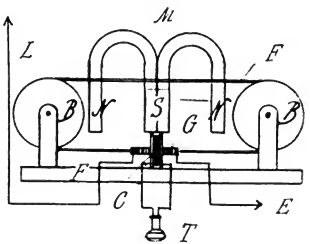
Magnetempfänger von Marconi.

Der Magnetempfänger von Marconi[1]) beruht auf einer im Jahre 1896 von Rutherford angegebenen Erscheinung. Rutherford fand, daß Wechselströme von hoher Frequenz dauernd die Magnetisierung eines Stahlstabes verändern. In Abb. 26 ist ein solcher Magnetempfänger dargestellt. Ein endloses Band oder

[1]) D. R.-P. Nr. 142.224.

Seil F aus einem magnetischen Material wird durch zwei Rollen B an zwei feststehenden Hufeisenmagneten M vorbeigeführt und läuft durch ein Glasrohr, auf welchem eine Wickelung G angebracht ist. An diese Wickelung G ist der Luftdraht L und die Erdleitung E angeschlossen. Über die Wickelung G ist eine zweite Spule C mit sehr vielen Windungen aufgeschoben, die Enden der Spule C sind mit einem Telephon verbunden.

Abb. 26.



Die Wirkungsweise dieses Empfängers wird von Marconi folgendermaßen erklärt.

Der sich bewegende Magnet in der Nähe des Eisenkernes oder das sich bewegende Band nahe dem feststehenden Magneten hält den Magnetismus des Kernes beziehungsweise des Bandes in einem wechselnden labilen Zustande, bei welchem der Körper für die Wirkungen elektrischer Wellen besonders empfindlich ist. Es ist eine bekannte Tatsache daß nach irgendeiner Veränderung in der auf ein Eisenstück wirkenden magnetischen Kraft eine gewisse Zeit vergeht, ehe die entsprechende Änderung im magnetischen Zustande des Eisens vollendet ist. Unterliegt die magnetische

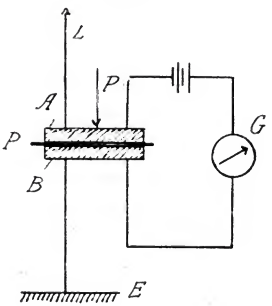
Kraft einem allmählichen Wachsen mit folgender gleichmäßiger Abnahme oder bewirkt sie eine zyklische Variation, so wird die entsprechende, im Eisen induzierte Variation infolge des als magnetische Hysteresis bekannten Phänomens zurückbleiben.

Weitere magnetische Empfänger sind von Ewing-Walter, Arno und Tissod hergestellt worden.

Der Hörempfänger von v. Lepel.

Die Konstruktion dieses Empfängers ist außerordentlich einfach, da der Apparat im wesentlichen

Abb. 27.



aus einer kleinen Federpresse besteht, mittels welcher eine dielektrische Schicht, die zwei Stahlelektroden voneinander trennt, unter starken Druck gesetzt wird.

Die Wirkung dieses Empfängers beruht auf der Erscheinung, daß eine dünne dielektrische Schicht ihre dielektrische Eigenschaft unter Druck verliert, also zum schlechten Leiter wird. Wird nun, wie die Abb. 27 zeigt, das Dielektrikum *D* unter Druck mit einer kleinen

Stromquelle verbunden (z. B. einem Trockenelement), so zeigt ein eingeschaltetes Milliampèremeter einen dauernden Ausschlag. Durch Erhöhung des Druckes wird das Leitvermögen des Dielektrikums erhöht.

Verbindet man die Elektrode *A* mit dem Luftdraht *L* und die Elektrode *B* mit der Erde, so zeigt sich, daß eintreffende Wellen eine Veränderung des Leitvermögens (Vermehrung oder Verminderung je nach der Art des Dielektrikums) hervorrufen. Bei Verschwinden der Wellen kehrt das Dielektrikum von selbst in das Anfangsstadium sofort zurück.

Die dadurch veranlaßten Stromschwankungen verursachen in einem in die Leitung geschalteten Telephon ein laut hörbares Geräusch, so daß man die eintreffenden Zeichen abhören kann.

Die Benützung dieses Empfängers gestaltet sich derart, daß eine Stahlscheibe, bezogen mit einem Dielektrikum, in die Presse eingelegt und unter Druck gesetzt wird. Sobald Stromdurchgang erfolgt, ist der Apparat zur Aufnahme der Zeichen bereit.

Durch Veränderung des Druckes sowie der Spannung läßt sich sowohl die Empfindlichkeit wie die Lautstärke regulieren.

Eine Auswechslung des Dielektrikums ist selten erforderlich und sehr schnell zu bewerkstelligen, auch zeichnet sich dieser Hörempfänger durch seine einfache, stabile Konstruktion, als auch durch große Empfindlichkeit und Lautstärke aus.

6. Empfangseinrichtungen.

Gekoppelte Empfangssysteme.

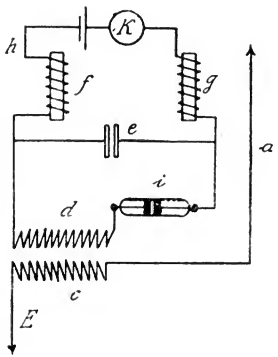
Marconi-Transformator.

Ein Fritter, welcher als Empfänger direkt in den Luftdraht eingeschaltet wird, besitzt den Nachteil, daß

das Empfangssystem ein anderes ist, ehe der Fritter leitend geworden ist, als nachher, nachdem der Fritter eine gewisse Leitfähigkeit erhalten hat, und außerdem den Nachteil, daß man den Fritter nicht in den Spannungsbauch des Luftleiters legen kann.

Marconi hat deshalb den Fritter aus dem Luftleiter entfernt, ein eigenes System für den Fritter ein-

Abb. 28.



geführt und auf dieses die Schwingungen des Luftleiters induktiv übertragen. In Abb. 28 ist eine derartige Anordnung dargestellt.

Der Luftleiter *a* ist mit dem einen Ende der Primärwicklung *c* der Induktionsspule verbunden, das andere Ende der Primärwicklung steht mit der Erde oder einer sonstigen geeigneten Kapazität in Verbindung.

In den die Sekundärspule *d* enthaltenden, zum Ansprechen des Fritters *i* dienenden Stromkreis ist ein Kondensator *e* eingeschaltet, dessen Metallplatten

in der üblichen Weise mit den beiden Polen der Ortsbatterie verbunden sind. Der Ortsstromkreis enthält in bekannter Anordnung Drosselspulen f und g, durch welche der Einfluß der elektrischen Wellen auf den Fritter konzentriert wird. In die Ortsleitung hi ist in bekannter Weise der Telegraphenapparat, beziehungsweise das denselben in Wirkung setzende Relais k eingeschaltet.[1])

Die Einschaltung des Kondensators in den Empfängerkreis hat die Wirkung, daß die aus praktischen Gründen unvermeidliche Selbstinduktion der Spulen des Transformators kompensiert und so jede Schwächung der Energie der vom Luftleiter a aufgenommenen elektrischen Wellen und ebenso auch jeder Energieverlust bei der Transformierung vermieden wird.

Dies hat zur Folge, daß ein im Fritterkreise mit Kondensator versehener Empfänger eine wesentliche Steigerung der Empfindlichkeit aufweist.

Sehr zweckmäßig ist es, die Induktionsspule so auszubilden, daß sie von vornherein eine geringe Selbstinduktion aufweist. Desgleichen muß die Induktionsspule auf die Längen der übermittelten elektrischen Wellen abgestimmt werden. Die Kapazität des Kondensators richtet sich gleichfalls nach der Wellenlänge.

Da Marconi zwischen der primären Spule c und der Sekundärspule d eine relativ feste Koppelung wählte[2]), so sind durch diese Anordnung die Übelstände, welche bei der einfachen Empfangsanordnung auftreten, nicht ganz vermieden. Denn auch hier ist das Sekundärsystem ein anderes, wenn der Fritter leitend oder nicht leitend ist.

Doch erreicht man durch diese Koppelung, daß die Spannungsamplitude an den Polen des Fritters bedeutend erhöht wird.

[1]) D. R.-P. Nr. 121.424.
[2]) Turpain, S. 334.

Ferner wird durch die Transformation der Schwingungen eine wirksamere Verwendung der Vielfach-Antennen im Empfänger ermöglicht. Für das Ansprechen des Fritters ist das Vorhandensein einer gewissen Spannungsamplitude zwischen seinen Polen Bedingung. Diese Spannungsamplitude wird bei einem mehrfachen Luftleiter nicht erhöht, da die Spannungen sich nicht addieren, wohl aber addieren sich die Ströme, die in den einzelnen Drähten induziert werden, und man erhält am Ende des Empfangsdrahtes einen größeren Gesamtstrom, wenn man mehrere Drähte statt eines einzigen verwendet. Dementsprechend wird auch die Wirkung auf das Sekundärsystem, auf welches man transformiert, größer.

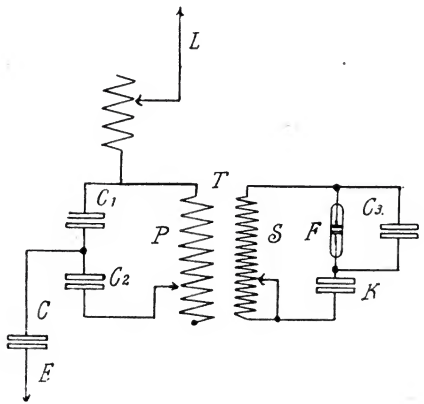
Transformator von Braun.

Der Empfangstransformator mit loser Koppelung ist für sehr scharfe Abstimmung geeignet. Nach Angaben der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie läßt sich mit dieser Anordnung, bei ungeschwächter Empfangsempfindlichkeit, eine bis zirka 1% variable Empfangsabstimmschärfe erzielen und diese Schärfe reicht aus, um die Störungen eines feindlichen Gebers, gleiche Geberintensität vorausgesetzt, bei 4% Wellenunterschied gänzlich auszuschließen.

In der Abb. 29 bedeutet L den Empfangsdraht, C einen veränderlichen Kondensator, mittels dessen der Empfangsdraht gegen Erde abgestimmt wird. Der geschlossene primäre Empfangskreis wird in passender Stärke durch richtige Wahl der Größen der Kondensatoren C_1 C_2 mit dem Luftleiter gekoppelt, wobei die resultierende Kapazität von C_1 und C_2 konstant bleibt. Der sekundäre Empfangskreis ist rein induktiv durch einen ziemlich großen Luftabstand mit dem primären lose gekoppelt. Eine Deformation der primären Welle

wird hierdurch nicht mehr zustandekommen. Die sekundäre Wicklung S des Transformators T ist bezüglich ihrer Windungszahl durch einen Schleifenkontakt variabel und mit ihren beiden Enden einerseits mit dem Fritter F, anderseits mit dem einen Pole des im Empfangsapparate liegenden und im Verhältnis zur Fritterkapazität unendlich großen konstanten Empfangs-

Abb. 29.



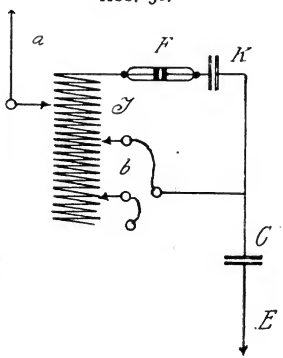
kondensators K verbunden. Parallel zu dem Fritter F liegt der Kondensator C_3.

Die sekundäre Spule des Empfängers hat einen passenden Ohmschen Widerstand und ist außerdem durch die Benutzung von Litzendraht frei von Wirbelstromverlusten. Die Variabilität des sekundären, den Fritter als Kapazität enthaltenden Schwingungskreises ist durch Parallelschaltung des Kondensators C_3 zum Fritter beseitigt.

Empfangsabstimmspule nach Slaby-Arco.

In der Abb. 30 ist eine Empfangsanordnung nach Slaby-Arco abgebildet.[1]) *J* bedeutet die Transformatorspule, die aus einer einzigen fortlaufenden Wicklung besteht. Längs der Spule sind verschiebbar drei Schieber angeordnet, an welche der Luftdraht sowie der Empfangskreis angeschlossen werden. *a* bedeutet

Abb. 30.



den Luftdraht, *E* die Erde, *F* den Fritter und *K* einen Kondensator, dessen Kapazität im Verhältnis zu der Kapazität des Fritters unendlich groß ist, und deshalb auch bei der Abstimmung des Empfangskreises nicht in Betracht kommt. Die Abstimmung des Empfangskreises erfolgt durch den Schieber *b* sowie durch Veränderung des variablen Kondensators *C*. Mittels des Schiebers *g* werden die übrigbleibenden Windungen kurzgeschlossen und so am Mitschwingen verhindert.

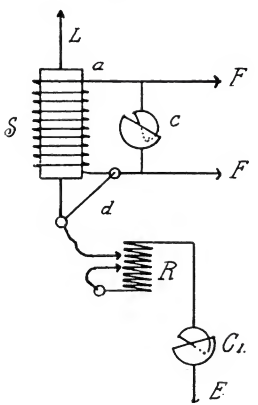
[1]) D. R.-P. Nr. 134.781.

Die Abstimmungen mit der Abstimmspule sind wegen der festen Koppelung weniger scharf, und deshalb verwendet man die Abstimmspule nur auf solchen Stationen, welche mit anderen Stationen, die nicht auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt sind, ohne besondere Einregulierung arbeiten sollen.

Empfangstransformator von Heinicke.

Die Wirkungsweise dieses Empfangstransformators beruht nicht wie bei den Anordnungen von Marconi und Braun auf induktiver Erregung des Empfangskreises, sondern die Erregung ist eine statische.[1])

Abb. 31.



Zu diesem Zwecke ist in den Luftdraht L (Abb. 31) ein Metallzylinder a eingeschaltet, über welchen fein unterteilter Draht aufgewunden ist. Die Enden dieser Drahtspule S liegen an den Klemmen eines kleinen Kondensators c. Die Drahtspule mit Kondensator bilden einen geschlossenen Schwingungskreis. Von den Klemmen des Kondensators führen zwei Leitungen zu den Polen des Fritters. Um die Koppelung mit dem Fritter fester zu machen, kann man den Luftdraht durch eine Drahtverbindung d mit dem Schwingungs-

[1]) Ähnlich ist die Empfangsvorrichtung von Dr. Kalischer und Ernst Ruhmer. D. R.-P. Nr. 152.524.

kreise verbinden. Vom unteren Ende des Metallzylinders wird der Luftdraht an eine regulierbare Selbstinduktionsspule R und von hier durch einen variablen Erdkondensator C_1 zur Erde geführt.

Empfängerschaltung nach Marconi.[1])

Die neueste Empfängerschaltung besteht darin, daß mehrere für sich geordnete Schwingungssysteme unter Vermittlung von Spulen und Kondensatoren derart unter sich verbunden sind, daß der eine Zweig jedes Systems Induktanz, der andere Induktanz und Kapazität aufweist. Eine derartige Schaltung hat die Wirkung, daß eine wiederholte scharfe Sichtung der ankommenden elektrischen Wellen stattfindet und so die durch fremde Geberstationen sowie atmosphärische Entladungen eintretenden Störungen nach Möglichkeit ausgeschaltet werden.

Wenn die vom Luftdrahte aufgenommene Schwingung eine regelrechte und geeignete Zeitperiode aufweist, so wird ihre Energie zum größten Teile dazu aufgewendet, den Induktanz und Kapazität enthaltenden Zweig des Schwingungssystems zu erregen, während eine auf den Luftleiter ausgeübte unregelmäßige Schwingung lediglich auf den zweiten Zweig des Systems wirkt und ohne Einfluß auf den Empfänger selbst bleibt.

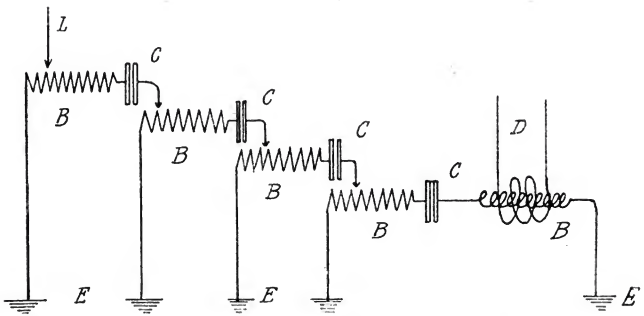
Die Abb. 32 zeigt eine Ausführungsform der Schaltung. Der Empfangsstromkreis ist in diesem Falle in vier Schwingungssysteme zerlegt. Je ein Zweig dieser Systeme ist in der üblichen Weise geerdet, während der andere unter Vermittlung einer Spule B und eines Kondensators C mit dem jeweilig vorhergehenden Systeme verbunden und das letzte System in derselben Weise an den Indikator D angeschlossen ist.

[1]) D. R.-P. Nr. 164.739.

Der Luftleiter L ist in der üblichen Weise regulierbar an die Spule B des ersten Schwingungssystems angeschlossen.

Bei dieser Anordnung sind den elektrischen Schwingungen in jedem Schwingungssysteme zwei Leitungswege angewiesen, von denen die Schwingung

Abb. 32.



nur den gehen kann, welcher der Periode der Schwingung und genau der natürlichen Schwingungsperiode des betreffenden Leitungszweiges entspricht, so daß störende Wirkungen nicht ausgeübt werden können.

7. Einige wichtige Patente.

England.

Marconi Co.: Nr. 12.039/1896, 29.306/1897, 12.325/1898, 12.326/1898, 5547/1899, 6982/1899, 25.186/1899, 5387/1900, 20.576/1900.

Lodge & Muirhead: Nr. 18.644/1897, 11.575/97, 29.069/1897.

Armstrong & Orling: Nummer 19.640/1899, 14.841/1900.
Preece & Fleming: Nr. 20.576/1902, 3481/1902.
Ducretet: Nr. 9791/1899, 23.047/1899.
E. Guarini: Nr. 1555/1900.
J. Cervera Baviera: Nr. 20.084/1899.
Popoff: Nr. 2797/1900.
Schäfer: Nr. 6002/1899, 1224/1901.
Ricaldoni: Nr. 15.870/1900.
Fessenden: Nr. 17.706/1902.
de Forrest: Nr. 10.452.

Deutschland.

Slaby-Arco: Nr. 12.720/1898, 113.285/1889, 7021/1900, 13.342/1900, 13.648/1900.
F. Braun: Nr. 111.578/1898, 115.081/1898, 104.511/1898, 13.221/1900.

Patente von Sendeapparaten und Sendeschaltungen.

D. R.-P. Nr.	
109.378	Ferd. Braun, Schaltung zur Verstärkung elektrischer Wellen.
111.578	Ferd. Braun, Schaltungsweise des mit einem Luftleiter verbundenen Gebers für Funkentelegraphie.
115.081	Ferd. Braun, Telegraphiersystem ohne fortlaufende Leitung.
117.762	Marconi, Schaltung für Telegraphie mittels elektrischer Wellen.
119.259	Marconi, Schaltung für Telegraphie ohne Draht.
124.154	Slaby-Arco, Schaltungsweise der Gebe- und Empfangsstation für Funkentelegraphie mit vertikalem Leiter.

D. R.-P. Nr.

129.018 Marconi, Schaltung für drahtlose Telegraphie.

137.762 Ferd. Braun, Gerichtete Telegraphie.

138.340 Hans Boas, Schaltung eines oberhalb der Funkenstrecke geerdeten Gebers für Funkentelegraphie.

142.793 S. Kalischer, Vorrichtung zum Aussenden elektrischer Wellen.

143.386 Reginald Fessenden, Verfahren zum Telegraphieren mittels elektromagnetischer Wellen.

143.510 Braun und Siemens & Halske, Verfahren zur Beeinflussung der elektrischen Eigenschaften der bei den Geber- und Empfangsschaltungen verwendeten Leiter.

146.764 Simon & Reich, Sendersystem für drahtlose Telegraphie und Telephonie mit ungedämpften elektrischen Schwingungen.

153.792 Simon & Reich, Verfahren zur Erzeugung elektrischer Schwingungen für Zwecke der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.

156.101 Reginald Fessenden, System der drahtlosen Telegraphie.

156.364 Simon & Reich, Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Schwingungen.

157.056 Gustav Eichhorn, Schaltungsanordnung zur Erzeugung elektrischer Schwingungen.

157.343 Reginald Fessenden, Vorrichtung zur Übertragung von Kraft und Zeichen mittels elektromagnetischer Wellen.

158.727 Alexandro Artom, Verfahren zur Übertragung von Energie in den Raum.

158.729 Alexandro Artom, Sender zur Übertragung von Energie in den Raum usw. Zus. z. 158.727.

D. R.-P. Nr.

160.880 André Blondel, Verfahren zur Erzeugung elektrischer Schwingungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie.

161.172 Alexandro Artom, Verfahren zur Übertragung von Energie in den Raum für die Zwecke der Funkentelegraphie.

161.828 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Verfahren zur Erzeugung wenig gedämpfter schneller elektrischer Schwingungen.

162.720 Alexandro Artom, Sender zur Übertragung von Energie in den Raum für die Zwecke der Funkentelegraphie.

164.383 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Schwingungssystem mit mehrfacher Funkenstrecke.

160.987 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Platten für Funkentelegraphie.

160.990 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Verfahren zur Erzeugung wenig gedämpfter, schneller elektrischer Schwingungen.

164.760 Ferd. Schneider, Schaltung der drahtlosen elektrischen Fernzündung von Seeminen.

168.077 Alexandro Artom, Sender zur Übertragung von Energie in den Raum. Zus. z. 158.727.

168.078 Alexandro Artom, Luftleiter zur Übertragung von Energie in den Raum usw. Zus. z. 158.727.

168.079 Alexandro Artom, Von einem Mehrphasenstromerzeuger gespeister Sender zur Übertragung von Energie in den Raum. Zus. z. 158.727.

D. R.-P. Nr.

168.792 Reginald Fessenden, Verfahren zum funkentelegraphischen Verkehr zwischen mehreren Stationen.

171.535 Reginald Fessenden, Verfahren zur Übermittlung von Zeichen durch elektromagnetische Wellen.

173.396 Ernst Ruhmer, Verfahren zur Erzeugung dauernd ungedämpfter elektrischer Schwingungen.

175.438 Simon Eisenstein, Sendersystem für drahtlose Telegraphie.

176.010 Hermann Wesselius, Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Schwingungen für Zwecke der drahtlosen Übertragung von Schallwellen.

176.011 Simon Eisenstein, Sendersystem für drahtlose Telephonie beziehungsw. Telegraphie.

176.013 Dr. Johann Sahulka, Sender für elektromagnetische Wellen.

177.601 Simon Eisenstein, Vakuumfunkenstrecke.

177.659 Simon Eisenstein, Senderschaltung für drahtlose Telegraphie. Zus. z. 175.438.

178.854 Carl G. G. Braunerhjelm, Als Luftleiter angeordneter Schwingungskreis für Funkentelegraphie.

179.953 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Schaltung zur Erzeugung schneller elektrischer Schwingungen, welche mit Zeitdifferenzen einsetzen.

179.954 Reinhold Rüdenberg, Verfahren zur Erzeugung oder Verstärkung schneller elektrischer Schwingungen.

180.671 Hermann Heinicke, Schaltungsweise zur Erzeugung elektrischer Wellen für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie.

D. R.-P. Nr.

181.276 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Funkenzähler für drahtlose Telegraphie.

182.051 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Verfahren, um mittels mehrerer Luftdrähte beziehungsweise Luftleitergebilde bei funkentelegraphischen Stationen die Wellenaussendung nach verschiedenen Richtungen verstärken beziehungsweise vermindern zu können.

182.378 Simon Eisenstein, Holzmast, insbesondere für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie und Verfahren zur Errichtung derselben.

182.379 Simon Eisenstein, Einrichtung zur Befestigung des Luftleitergebildes von Stationen für die drahtlose Telegraphie beziehungsweise Telephonie.

182.443 Dr. Max Levy, Wellenerzeuger für drahtlose Telegraphie.

182.646 Simon Eisenstein, Verfahren zur Erzeugung elektrischer Schwingungen für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie beziehungsweise Telephonie.

182.657 Simon Eisenstein, Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Schwingungen für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.

Empfänger-Patente.

D. R.-P. Nr.

105.983 A. Orling, C. G. G. Braunerhjelm, C. A. Th. Sjörgen, Stockholm, Empfänger für elektrische Wellen.

D. R.-P. Nr.

109.797 Berner, Dreielektrodenkohärer.

107.843 Albert Neugeschwender, Verfahren zum Nachweise elektrischer Wellen.

116.113 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, Frittröhre mit abschließbaren Elektroden und regelbarer Empfindlichkeit.

117.489 Braun, Siemens & Halske, Frittröhre für elektrische Wellen.

119.186 Schuckert, Nürnberg, Frittröhre mit durch Einwirkung eines magnetischen Feldes verstärkter Wirkung.

121.424 Marconi Wireless Telegraph Comp., Empfänger für Funkentelegraphie mit Transformator.

121.663 Joh. Chr. Schäfer, Paul Lippold & E. Renz, Empfangsapparat für elektrische Wellen.

12.206 Marconi, Empfänger für Funkentelegraphie.

123.971 Dr. P. Galopin, Telephonischer Empfänger für Funkentelegraphie.

127.730 Slaby-Arco, Empfänger für Funkentelegraphie.

130.122 Slaby-Arco, Empfänger für Funkentelegraphie.

130.797 Benjamin Schäfer, Durch Widerstandsvergrößerung wirkender Empfänger für elektrische Wellen, bestehend aus einem Spalt in Metallbelag.

131.141 Siemens & Halske, Unvollkommener, aus federnd, mit regelbarem Druck aufeinander gepreßten Leitern gebildeter Kontakt zum Nachweise elektrischer Schwingungen.

D. R.-P. Nr.

136.843 Ferd. Schneider, Fritter.

139.229 Ferd. Schneider, Füllmasse für Fritter.

140.340 Dr. Paul Lohberg, Empfangsapparat für elektrische Wellen.

140.871 Société Française des Télégraphes et Téléphones sans Fil, Empfänger für elektrische Wellen.

141.458 Société Française des Télégraphes et Téléphones sans Fil, Empfänger für elektrische Wellen.

142.794 Oliver Lodge, Alexander Muirhead und Ernst Robinson, Empfangsvorrichtung für elektrische Wellen.

142.224 Marconi, Empfäng. f. drahtlose Telegraph.

146.765 Heinz Bauer, Verfahren zum Empfang funkentelegraphischer Zeichen.

146.808 Armstrong & Orling, Empfänger für elektrische Zeichenübertragung.

147.802 Dr. Hermann Th. Simon und Dr. Max Reich, Empfangssystem für drahtlose Telegraphie und Telephonie mittels ungedämpfter elektrischer Schwingungen.

148.540 Walter-Ewing, Verfahren und Vorrichtung zum Auffangen elektrischer Schwingungen.

149.920 Reginald Fessenden, Empfänger für elektrische Wellen.

150.149 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Verfahren zum Empfangen elektrischer Schwingungen unter Benützung elektrolytischer Zellen.

152.054 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Verfahren zum Empfangen elektrischer Schwingungen unter Benützung elektrolytischer Zellen. Zus. z. 150.149.

D. R.-P. Nr.

155.032 Georg Möller, Empfangsapparat für elektrische Wellen.

152.657 Georg Morin, Fritter.

158.538 Reginald Fessenden, Empfänger für elektrische Wellen.

158.539 Willibald Meyer, Empfangsvorrichtung für die von Stationen drahtloser Telegraphie ausgesandten elektrischen Wellen.

158.726 Thomas E. Clark, Wireless Telegraph-Telephone Comp., Fritter für drahtlose Telegraphie.

158.728 A. Artom, Empfänger für drahtlose Telegraphie mittels kreisförmig oder elliptisch polarisierter elektrischer Wellen.

159.112 Octave Rochefort, Fritter für die Telegraphie mittels Herzscher Wellen.

164.962 A. Artom, Empfänger für die Telegraphie mittels kreisförmig oder elliptisch polarisierten elektrischen Wellen.

164.963 Hermann Heinicke, Empfänger für elektrische Wellen.

165.079 Chr. Hülsmeyer, Verfahren und Vorrichtung zu selbsttätigen Festhaltungen eines bestimmten Empfindlichkeitsgrades eines Kohärers oder Antikohärers.

167.765 Hans Boas, Verstellbarer Vakuumfritter.

167.850 Hans Boas, Verfahren zur Herstellung von Vakuumfrittern.

169.678 Reginald Fessenden, Empfänger für elektromagnetische Wellen.

176.401 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Vorrichtung zum Empfangen elektrischer Schwingungen.

176.428 A. Artom, Empfängervorrichtung f. kreisförmig oder ellipt. polarisierte elektr. Wellen.

D. R.-P. Nr.

177.660 Simon Eisenstein, Empfängeranordnung für drahtlose Telegraphie beziehungsweise Telephonie.

178.867 Valdemar Poulsen, Empfangsvorrichtung für drahtlose Signalübertragung.

178.871 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Wellenempfindliche Kontaktstelle.

179.461 G. Magni, Fritter.

179.639 Walton Harrison, Empfangsstation für drahtlose Telegraphie.

181.277 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Schaltungsweise für mit Ohmschem Widerstand im Ruhezustand arbeitende Detektoren bei der drahtlosen Telegraphie.

182.957 Peder Oluf Pedersen, Empfänger für Wellentelegraphie.

8. Literatur.

Abraham, Wied. Ann. 66, pag. 435, 1898. Wellen- und Erregerlänge eines gleichmäßig mit Kapazität und Selbstinduktion versehenen Drahtes.

Abraham, Ann. der Phys. 2, pag. 54, 1900. Abstände der Knoten und Bäuche von Drahtwellen.

Abraham, Phys. Zeitschr. 4, S. 78, 1902. Änderung der Schwingungsdauer durch Erdung.

Abraham, Phys. Zeitschr. 5, S. 174, 1904. Zur drahtlosen Telegraphie.

Abraham et Hack, Ann. der Phys. 14, pag. 539, 1904. Der lineare Oszillator.

Algermissen, Messungen im Phys. Institut Straßburg. Beziehungen zwischen Schlagweite und Zeit nach Spannungen bei Funkenentladungen.

v. Arco, E.-T. Z. 24, S. 6, 1903. Über ein neues Verfahren zur Abstimmung funkentelegraphischer Sender mit Hilfe des Multiplikators.

Arldt C., Die Funkentelegraphie. 1903.

Arno, Lumière électrique. 64, pag. 537, 1902.

Arons, Wied. Ann. 45, pag. 553, 1892. Resonanzröhre.

Arons, Wied. Ann. 65, pag. 567, 1899. Widerstandszunahme des Körnerfritters bei Bestrahlung, Funkenbildung an Kontaktstellen des Kohärers.

Artom, Atti della Reale Accademia Lincei, 15. März 1905. Erzeugung phasenverschobener und polarisierter Schwingungen.

Artom, E.-T. Z. 25, S. 942, 1904. System gerichteter Telegraphie ohne Draht.

Artom, E.-T. Z. 26, S. 730, 1905. Richtfähige Telegraphie ohne Draht.

Aschkinass, Berliner Phys. Ges. 13, S. 103, 1894. Über den Einfluß elektrischer Wellen auf den galvanischen Widerstand metallischer Leiter.

Aschkinass-Mizuno, Nature 51, pag. 228, 1895. Stanniolstreifengitter als Wellenindikator.

Aschkinass. Wied. Ann. 66, pag. 284, 1898. Kupferspitzenkohärer, Entfrittung durch Temperatursteigerung.

Aschkinass, Wied. Ann. 67, pag. 842, 1899. Antikohärenzphänomen.

Barton, Wied. Ann. 53, pag. 513, 1894. Verhalten von Wellen auf Drähten, bei denen das Verhältnis von Selbstinduktion und Kapazität veränderlich ist.

Barton, Phil. Mag. (5), 47, pag. 433, 1899. Einfluß der Dämpfung auf den effektiven Widerstand.

Batelli und Magri. Phys. Zeitschr. 3, S. 539, 1902 (4, S. 181, 1902). Prüfung der Thomsonschen Schwingungsformel für oszillierende Entladung.

Batelli und Magri, Phil. Mag. (6), 5, pag. 620, 1903. Eigenschwingung von Kondensatorkreisen.

Bedell und Crehore. Der quasistationäre Wechselstromkreis geringer Wechselzahl. 1895.

Behrendsen, Wied. Ann. 66, pag. 1024, 1898. Bestimmung von Wellenlängen mit dem Kohärer.

Berg, Ann. der Phys. 15, pag. 307, 1904. Zur Messung der Absorption elektrischer Wellen.

Bernstein, Ann. der Phys. 13, pag. 1073, 1904. Elektrische Wellen in Systemen von hoher Kapazität und Selbstinduktion.

Bjerknes, Wied. Ann. 48, pag. 592, 1893. Dämpfung eines nahezu zum Kreise geschlossenen linearen Oszillators. Skineffekt.

Bjerknes, Wied. Ann. 55, pag. 120, 1895. Dämpfungsbestimmungen.

Blochmann, E.-T. Z. 22, S. 80, 1901. Über die Richtfähigkeit der Wellen telegraphischer Apparate.

Blondel, Electrician. 16, pag. 316, 1898. Über den Kohärer.

Blondel, Compt. rend. 130, pag. 1383, 1900. Mehrfache Telegraphie mit Monotelephonen.

Blyth, Electrician. 24, pag. 442, 1890. Sichtbarmachung der Wellen durch Bewegung der Resonanzdrähte.

Braun, Wied. Ann. 60, pag. 552, 1897. Braunsche Röhre.

Braun F., Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft. 1901.

Braun, E.-T. Z. 22, S. 258, 1901. Wellenlängen in der drahtlosen Telegraphie.

Braun, E.-T. Z. 22, S. 469, 1901. Über einige Sendervarianten in der drahtlosen Telegraphie.

Braun, Ann. der Phys. 8, pag. 199, 1902. Erregung stehender elektrischer Drahtwellen durch Kondensatorentladung.

Braun, Ann. der Phys. 8, pag. 205, 1902. Messungen mit Hitzdrahtinstrumenten.

Braun, Ann. der Phys. 10, pag. 326, 1903. Versuche über Magnetisierung durch schnelle elektrische Schwingungen.

Braun, Phys. Zeitschr. 5, S. 193, 1904. Energieschaltung.

Brooks, Phil. Mag. (6), 2, pag. 92, 1901. Messung des Dämpfungsdekrements von Schwingungen.

Bull, E.-T. Z. 22, S. 109, 1901. Apparat für Mehrfachtelegraphie.

Bull, E.-T. Z. 24, S. 121, 1903. Ein neues System abgestimmter Telegraphie.

Burstyn, E.-T. Z. 27, Nr. 45, 1906. Über den Einfluß des Gegengewichtes auf die Dämpfung des Luftdrahtes in der drahtlosen Telegraphie.

De Forrest, E.-T. Z. 24, S. 1089, 1903. Sendestation für drahtlose Telegraphie.

De Forrest, E.-T. Z. 24, S. 258, 371, 461, 888, 1903. Funkentelegraphie.

Dolezalek, Ann. der Phys. 12, pag. 1142, 1903. Messung von Induktionskoeffizienten.

Donath, Wied. Ann. 69, pag. 861, 1899. Aufnahmen von Schwingungskurven mit der Braunschen Röhre.

Dönitz, E.-T. Z. 24, S. 1024, 1903. Wellenmesser.

Drude, Wied. Ann. 60, pag. 1, 1897. Verhalten von geraden Drähten und Spulen als Antennen.

Drude, Wied. Ann. 65, pag. 481, 1898. Messung elektrischer Wellenlängen mittels Interferenzröhren.

Drude, Ann. der Phys. 9, pag. 293, 1902. Ermittlung der Wellenlängen von Drahtspulen.

Drude, Ann. der Phys. 2, pag. 590. 1902. Selbstpotential von Solenoiden.

Drude, Ann. der Phys. 9, pag. 601, 1902. Wellenmesser.

Drude, Ann. der Phys. 8, pag. 957, 1902. Untersuchung von Drahtspulen, Tesla-Transformatoren.

Drude, Ann. der Phys. 11, pag. 965, 1903. Berechnung der Eigenschwingung eines Oszillators.

Drude, Ann. der Phys. 13, pag. 512, 1904. Induktive Erregung zweier elektrischer Schwingungskreise mit Anwendung auf Perioden und Dämpfungsmessungen, Tesla-Transformatoren und drahtlose Telegraphie.

Drude, Ann. der Phys. 14, pag. 709, 1904. Bestimmung von Wechselzahlen, Resonanz und Dämpfung.

Drude, Phys. Zeitschr. 5, S. 745, 1904. Theorie und Praxis in der drahtlosen Telegraphie.

Drude, Ann. der Phys. 16, pag. 116, 1905. Rationelle Konstruktion von Tesla-Transformatoren.

Drude, E.-T. Z. 26, S. 239, 1905. Die Eichung von Wellenmessern, insbesondere beim Slabyschen Multiplikationsstab.

Drude, Phys. Zeitschr. 7, Nr. 23, 1906. Über elektrische Schwingungen.

Dudell, Electrician. 48, pag. 722, 1902 (51, pag. 48, 1903). Erzeugung ungedämpfter Schwingungen.

Eichhorn, Diss. Zürich 1901. Untersuchung elektrischer Oszillationen.

Eichhorn G., Drahtlose Telegraphie. 1904.

Ewing und Walter, E.-T. Z. 25, S. 342, 1904. Ein neuer Wellendetektor.

Fahie, History of wireless Telegraphy. 1899.

Fessenden, E.-T. Z. 24, S. 586, 1903. Fessenden-System, Bolometer.

Fessenden, E.-T. Z. 24, S. 1015, 1903, Elektrolytischer Detektor.

Flemming, Phys. Zeitschr. 4, S. 608, 1903. Magnetischer Wellendetektor.

Flemming J. A., Cantor lectures on Hertzian Wave telegraphy. 1903.

Flemming, Electrician vom 31. März 1905. »Cynometer«, ein Apparat zum Messen der Frequenz elektrischer Schwingungen.

Fricke H., Was ist Elektrizität? 1906.

Gehrke, E.-T. Z. 26, S. 697, 1905. Über die Messung der Wellenlänge elektrischer Schwingungen.

Gerdien, Phys. Zeitschr. 5, S. 294, 1904. Messung kleiner Kapazitäten mittels einer meßbaren veränderlichen Normalkapazität.

Grimsehl, Phys. Zeitschr. 6, S. 379, 1905. Die Sichtbarmachung stehender elektrischer Schwingungen.

Guhte, Ann. der Phys. 4, pag. 762, 1901. Widerstands-Zu- und Abnahme von Kohärern.

Guhte, Ann. der Phys. 5, pag. 818, 191. Funkenentladung.

Hack, Ann. der Phys. 14, pag. 539, 1904. Das elektromagnetische Feld in der Umgebung eines linearen Leiters.

Harden, Phys. Zeitschr. 5, S. 75, 1904. Induktion im Vakuum.

Harwagen und Cohn, Wied. Ann. 43, pag. 343, 1891. Elektrisches Feld eines Kondensators bei hohen Schwingungszahlen.

Heaviside, Electrical Papers, London II, pag. 502, 1892. Verfahren zur Bestimmung von Selbstinduktionskoeffizienten.

Hermann-Gildemeister, Ann. der Phys. 14, pag. 1031, 1904. Weitere Versuche über elektrische Wellen in Systemen von hoher Kapazität und Selbstinduktion.

Hermann, Ann. der Phys. 17, pag. 501, 1905. Über die Effekte gewisser Kombinationen von Kapazität und Selbstinduktion.

Herrmann, Ann. der Phys. 12, pag. 932, 1903. Über elektrische Wellen in Systemen hoher Kapazität und Selbstinduktion.

Herz, Gesammelte Werke. II, Leipzig 1894. Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft.

Hettinger, Phys. Zeitschr. 6, S. 377, 1905. Schaltung zur Maximalausnützung der Resonanzeffekte in den Empfangsstationen für drahtlose Telegraphie.

Heydweiller, Ann. der Phys. 15, pag. 179, 1904. Zur Bestimmung der Selbstinduktion von Drahtspulen.

Hodson, Ann. der Phys. 14, pag. 973. 1904. Resonanzversuche über das Verhalten eines einfachen Kohärers.

Hornemann, Ann. der Phys. 14, pag. 129, 1904. Der heiße Oxydkohärer.

Huth, Phys. Zeitschr. 4, S. 594, 1903. Zur Theorie des Kohärers.

Huth, Phys. Zeitschr. 4. S. 640, 1903. Über ein Oszillationsgalvanometer zur Messung elektromagnetischer Strahlung.

Ives, Electrician. 53. pag. 705, 1904. Wellenmesser.

Jentsch, Telegraphie und Telephonie ohne Draht. Berlin 1904.

Kaufmann, Wied. Ann. 60, pag. 653, 1897. Messung der Dämpfung von Kondensatorkreisen.

Kiebitz, Ann. der Phys. 5, pag. 741, 1901. Untersuchungen des einfachen Empfängers mit dem Kohärer.

Kiebitz, Ann. der Phys. 5, pag. 872, 1901. Grundschwingung und Obertöne eines Oszillators.

Kittl Th., Die elektromagnetische Wellentelegraphie. 1905.

Kleinschmidt, Diss. Straßburg 1904. Wechselzahlen linearer Sender.

Klemenčič, Wied. Ann. 42, pag. 417, 1891. Thermoelement als Wellendetektor.

Klemenčič, Wied. Ann. 45, pag. 78, 1892. Messungen mit Thermoelementen.

Klemenčič und Czermack, Wied. Ann. 50, pag. 174, 1893. Messung der Wellenlänge mit dem Resonator.

Klingelfuß, Ann. der Phys. 5, pag. 871, 1901; 9, pag. 1198, 1902. Induktor mit nahezu geschlossenem Eisenkern.

Köpsel, Dinglers Polyt. Journal. 319, Heft 14, 1904. Bestimmung von Selbstinduktionskoeffizienten durch Resonanz.

Kunz J., Über die Teilbarkeit der Materie. 1904.

Lecher E., Über die Entdeckung der elektrischen Wellen. 1901.

Lecher, Phys. Zeitschr. 4, S. 664, 722, 1903. Erdung in der drahtlosen Telegraphie.

Leppin, Wied. Ann. 65, pag. 885, 1898. Wirkungen verschiedener Wellen auf den Kohärer.

Lindemann, Ann. der Phys. 4, pag. 376, 1900. Untersuchung über die Beeinflussung der Länge der von einem Righischen Erreger ausgesandten elektrischen Wellen durch Drähte, die der Primärleitung angehängt sind.

Lindemann, Ann. der Phys. 12, pag. 1012, 1903. Dämpfungsmessungen.

Lodge, E.-T. Z. 19, S. 877, 1898. Beeinflussung des Fritters durch Erdströme.

Lodge, Electrician. 42, pag. 269, 305, 366, 402, 1898, 1899. Wellentelegraphie mit niederen Schwingungszahlen.

Lodge-Muirhead, E.-T. Z. 24, S. 570, 1903. Verbessertes funkentelegraphisches System.

Lorentz H. A., Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie. 1906.

Lüdin, Ann. der Phys. 7, pag. 584, 1902. Nachweis elektrischer Schwingungen in Spulen.

Mácků, Phys. Zeitschr. 6, S. 232, 1905. Über den elektrolytischen Wellendetektor.

Nadelung, Ann. der Phys. 17, pag. 861, 1905. Über die Magnetisierung durch schnell verlaufende Ströme und die Wirkungsweise des Rutherford-Marconischen Wellendetektors.

Maisel, Phys. Zeitschr. 6, S. 550, 1905. Ungedämpfte Schwingungen.

Mandelstamm, Diss. Straßburg 1902. Ann. der Phys. 8, pag. 123, 1902. Bestimmung der Schwingungsdauer der oszillatorischen Kondensatorentladung.

Mandelstamm, Phys. Zeitschr. 6, S. 245, 1905. Zur Theorie des Braunschen Senders.

Marconi, E.-T. Z. 23, S. 995, 1902. Funkentelegraphie.

Marconi, E.-T. Z. 24, S. 102, 296, 982. Versuche auf dem Carlo Alberto, magnetischer Detektor, Poldhustation, Ducan, San Rossone.

Marconi, E.-T. Z. 26, S. 121, 237, 282, 476, 1905. System der drahtlosen Telegraphie.

Maresca, Phys. Zeitschr. 4, S. 9, 1903. Dämpfung in Kondensatorkreisen mit sekundärer Funkenstrecke.

Maskelyne, E.-T. Z. 26, S. 29, 1905. System der drahtlosen Telegraphie.

Mazzotto D., Drahtlose Telegraphie und Telephonie. 1906.

Mic, Ann. der Phys. 2, pag. 201, 1900. Dämpfung von Wellen längs Drähten.

Mic, Ann. der Phys. 2, pag. 232, 1900. Dämpfung bei parallelen geradlinigen Drähten.

Müller, Phys. Zeitschr. 6, S. 231, 1905. Über einen einfachen Kondensator mit veränderlicher Kapazität für Abstimmversuche.

Musso, E.-T. Z. 24, S. 751, 1903. System einer drahtlosen Telegraphie.

Nernst, Wied. Ann. 60, pag. 615, 1897. Verhalten von schnellen Schwingungen in leitenden Elektrolyten.

Nernst und Lerch, Ann. der Phys. 15, pag. 193. 1904. Über die Verwendung des elektrolytischen Detektors in der Brückenkombination.

Nesper, Ann. der Phys. 14, pag. 768, 1904. Strahlung von Spulen.

Nesper, Die drahtlose Telegraphie und ihr Einfluß auf den Wirtschaftsverkehr. 1905.

Neugschwender, Wied. Ann. 67, pag. 430, 842, 1899. Platte mit Flüssigkeitsschicht als Detektor.

Neugschwender, Wied. Ann. 68, pag. 92, 1899. Antikohärer.

Norri H. S., Induction Coils. 1901.

Oberbeck, Wied. Ann. 55, pag. 623, 1895. Gekoppelte Schwingungssysteme.

Papalesci, Ann. der Phys. 14, pag. 756, 1904. Dynamometer für schnelle elektrische Schwingungen. Theorie und Versuche.

Planck, Wied. Ann. 60, pag. 575, 1897. Über elektromagnetische Wellen, die durch Resonanz erregt und durch Strahlung gedämpft werden.

Poulsen, E.-T. Z. 27, Heft 45. Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen und seine Anwendung in der drahtlosen Telegraphie.

Prasch, Drahtlose Telegraphie. Stuttgart 1900.

Prasch I, Die Telegraphie ohne Draht. Wien, Leipzig 1902.

Prasch II, Die Telegraphie ohne Draht. Wien, Leipzig 1903.

Prasch III, Die Telegraphie ohne Draht. Wien, Leipzig 1904.

Prasch, Die Telegraphie ohne Draht. Stuttgart 1905.

Pupin, E.-T. Z. 25, S. 890, 1904. Abgestimmte drahtlose Telegraphie.

Reich, Phys. Zeitschr. 4, S. 364, 1903. Erzeugung ungedämpfter Schwingungen mittels Lichtbogen.

Reich, Phys. Zeitschr. 5, S. 338, 1904. Versuche mit dem elektrolytischen Wellendetektor.

Rempp, Ann. der Phys. 17, pag. 627, 1905. Die Dämpfung von Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke.

Rendahl, E.-T. Z. 25, S. 394, 1904. Resonanzinduktorien in der drahtlosen Telegraphie.

Righi, Die Optik der elektrischen Schwingungen. Leipzig 1898.

Righi-Dessau, Die Telegraphie ohne Draht. Braunschweig 1903.

Rochefort, E.-T. Z. 25, S. 959, 1904. Neues aus dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie.

Rothmund und Lessing, Ann. der Phys. 15, pag. 193, 1904. Versuche mit dem elektrolytischen Wellendetektor.

Ruhmer E, Konstruktion, Bau und Betrieb von Funkeninduktoren. 1904.

Sachs, Ann. der Phys. 18, pag. 348, 1905. Untersuchungen über den Einfluß der Erde bei der drahtlosen Telegraphie.

Schaum und Schulze, Ann. der Phys. 13, pag. 422, 1904. Zur Demonstration elektrischer Drahtwellen.

Schlömilch, E.-T. Z. 24, S. 959, 1903. Ein neuer Wellendetektor für drahtlose Telegraphie.

Schmidt, Ann. der Phys. 14, pag. 22, 1904. Resonanz elektrischer Schwingungen.

Schmidt, Phys. Zeitschr. 8, Heft 1, 1907. Versuche über gerichtete Telegraphie.

Seibt, Phys. Zeitschr. 3, S. 99, 1902. Versuche mit Spulen.

Seibt, Phys. Zeitschr. 5, S 452, 1904. Über den Zusammenhang zwischen dem direkt und dem induktiv gekoppelten Sendersystem für drahtlose Telegraphie.

Seitz, Ann. der Phys. 16, pag. 746, 1905. Die Wirkung eines unendlich langen Metallzylinders auf Herzsche Wellen.

Simon und Reich, Phys. Zeitschr. 4, S. 364, 737, 1903 Erzeugung ungedämpfter Schwingungen mit Lichtbogenanordnung.

Simons, Ann. der Phys. 13, pag. 1044, 1904. Dämpfung elektrischer Schwingungen durch eine Funkenstrecke.

Slaby, Die Funkentelegraphie. Berlin 1901.

Slaby, E.-T. Z. 23, S. 165, 254, 1902. Demonstration von Spannungs- und Stromba uch an mit der Funkenstrecke verbundenen Drähten.

Slaby, E.-T. Z. 24, S. 1007, 1903. Der Multiplikationsstab, ein Wellenmesser für drahtlose Telegraphie.

Slaby, E.-T. Z. 25, S. 711, 777, 915, 1085, 1904. Die Abstimmung funkentelegraphischer Sender.

Slaby, E.-T. Z. 26, S. 1003, 1025, 1149. Die Abstimmung funkentelegraphischer Sender.

Sommerfeld, Wied. Ann. 67, pag. 240, 1899. Gedämpfte Sinusschwingungen in der Wellentelegraphie.

Spies, Telegraphie ohne Draht. Berlin 1898.

Stephan, Wied. Ann. 22, pag. 107, 1884. Selbstinduktion von Spulen.

Stone-Stone, E.-T. Z. 25, S. 890, 1904. Neuerungen auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie, System Stone-Stone.

Straßer, Ann. der Phys. 17, pag. 763, 1905. Über die Bestimmung des Selbstinduktionskoeffizienten von Solenoiden.

Tesla, Untersuchungen über Mehrphasenströme. Halle 1895.

Tietz, E.-T. Z. 19, S. 562, 1898. Versuche über Syntonie zwischen Geber und Empfänger.

Turpain A., Les applications pratiques des ondes électriques. 1902.

Voege, Ann. der Phys. 14, pag. 556, 1904. Über den Zusammenhang zwischen Schlagweite und Spannung.

Voller, Phys. Zeitschr. 4, S. 410, 1903. Geerdete und ungeerdete Sender und Empfangsspulen.

Voller, Grundlagen und Methoden der elektrischen Wellentelegraphie. Hamburg 1903.

Walter, Ann. der Phys 15, pag. 407, 1904. Über die Erzeugung sehr hoher Spannungen durch Wechselströme.

Walter, Phys. Zeitschr. 5, S. 269, 1904. Ein neuer messender Detektor für elektrische Wellen.

Wehnelt, Wied. Ann. 68, pag. 265, 1899. Unterbrecher mit regulierbarer Elektrode.

Wehnelt-Donath, Wied. Ann. 69, pag. 861, 1899. Untersuchung von Schwingungskreisen mit der Braunschen Röhre.

Weiler, Schwingungen und Wellen. Leipzig 1902.

Wien, Wied. Ann. 49, pag. 306, 1893. Wechselströme höherer Frequenz.

Wien, Wied. Ann. 53, pag. 935, 1894. Bestimmung von Selbstinduktionskoeffizienten.

Wien, Wied. Ann. 61, pag. 151, 1897. Gekoppelte Systeme.

Wien, Ann. der Phys. 8, pag. 686, 1902. Widerstand und Dämpfung von Funkenstrecken.

Wien, Ann. der Phys. 14, pag. 1, 1904. Über den Durchgang von schnellen Wechselströmen durch Drahtwellen.

Wien, Ann. der Phys. 14, pag. 626, 1902. Über induktive Erregung zweier elektrischer Schwingungkreise mit Anwendung auf Perioden und Dämpfungsmessungen, Tesla-Transformatoren und drahtlose Telegraphie.

Wien, Phys. Zeitschr. 4, S. 586, 1903. Verwendung hoher Wechselzahlen.

Wien, Phys. Zeitschr. 7, Heft 23, 1906. Über die Intensität der beiden Schwingungen eines gekoppelten Senders.

Zacharias Joh., Die wirklichen Grundlagen der elektrischen Erscheinungen. 1906.

Zamarchi A, La telegrafia senza fili di Guglielmo Marconi. 1904.

Zenneck, Ann. der Phys. 9, pag. 497, 1902. Über induktiven magnetischen Widerstand.

Zenneck, Ann. der Phys. 12, pag. 869, 1903. Über die magnetische Permeabilität von Eisenpulver bei schnellen Schwingungen.

Zenneck, Phys. Zeitschr. 4, S. 656, 1903; 6, S. 198, 1905. Koppelung zweier Oszillatoren.

Zenneck, Phys. Zeitschr. 5, S. 196, 586, 1904. Theorie und Praxis in der drahtlosen Telegraphie.

Zenneck, Ann. der Phys. 13, pag. 822, 1904. Die Abnahme der Amplitude bei Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke.

Zenneck, Phys. Zeitschr. 5, S. 575, 811, 1904. Über den Zusammenhang zwischen dem direkten und dem induktiv gekoppelten Sendersystem für drahtlose Telegraphie.

Zenneck, Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie. Stuttgart 1905.

II. Einrichtung der Stationen.

1. Allgemeines.

Jede Station für drahtlose Telegraphie bedarf zweier getrennter Einrichtungen, von denen die eine zum Senden, die andere zum Empfangen von Nachrichten dient. Gemeinsam für beide ist gewöhnlich der Luftleiter und dessen Gegengewicht, beziehungsweise die Erdleitung. Je nach dem Zwecke und der Reichweite der Stationen weichen die Einrichtungen mitunter voneinander ab, die Grundlage der Apparate ist jedoch immer dieselbe. Wir müssen uns bei unseren Beschreibungen zunächst lediglich an die bisher üblichen Einrichtungen halten, wollen jedoch an geeignetem Orte auch die neuesten Vorkehrungen besprechen, welche für die Verwendung ungedämpfter Wellen gebraucht werden, die schon in Teil I kurz erwähnt wurden.

Einrichtungen zum Senden:

Als Stromquelle dient, je nach der gebrauchten Energiemenge, entweder Gleichstrom oder Wechselstrom, welcher einem Induktor zur Erzeugung von Hochspannung zugeführt wird. Bei Gleichstrom verwendet man als Unterbrecher etwa bis 4 Ampères Platinkontakte mit Hammerunterbrecher. Für höhere Stromstärken, etwa bis zu 12 Ampères, dienen die Quecksilberwippe

oder die verschiedenen Quecksilberstrahlunterbrecher. Darüber hinaus wird lediglich einphasiger Wechselstrom verwendet. Stromquelle, Unterbrecher und primäre Windungen des Induktors sind in Reihe geschaltet. Die sekundären Windungen des Transformators (Induktionsapparates) liegen an einer Funkenstrecke und sind in verschiedener Weise mit dem Luftleiter, der Erdleitung, Leydener Flaschen, Selbstinduktionsspulen und Tesla-Transformatoren verbunden. Die Schaltungen für diese Zwecke sind sehr zahlreich, so daß wir sie hier nicht alle erwähnen können, es sollen jedoch die wichtigsten davon bei der Beschreibung der verschiedenen Einrichtungen beziehungsweise Systeme abgebildet und erläutert werden. Die Grundlage aller Systeme ist natürlich immer dieselbe, so daß in Wahrheit die Unterschiede lediglich in der Anwendung und Schaltung der einzelnen Teile zu finden sind.

Da die Zeichen zur Verständigung in Punkten und Strichen des Morse-Alphabets bestehen, so muß im Primärstromkreise des Induktors ein Zeichengeber vorhanden sein. Für geringere Stromstärken verwendet man einen Morse-Taster, dessen starke Platinkontakte iridiumhaltig sind; es wird auch ein magnetischer Funkenlöscher angebracht, welcher das Verbrennen der Kontakte auf ein Minimum beschränkt. Bei großen Fernstationen sind besondere elektromagnetische Stromschlußvorrichtungen mit Kohlekontakten in Gebrauch, welche mit dem Morse-Taster und einem Relais in Tätigkeit gesetzt werden. Jedes Zeichen erzeugt bei Punkten beziehungsweise Strichen des Morse-Alphabets einen kürzeren oder längeren Wellenzug, der vom Luftleiter der Sendestation ausgestrahlt wird.

Einrichtungen zum Empfangen:

Die ankommenden Wellen werden von dem Luftleiter aufgenommen und gelangen aus diesem in die Empfangsapparate. Wir haben bei den Empfangsein-

richtungen zwei Stromkreise zu unterscheiden, nämlich denjenigen, welcher den Wellenempfänger enthält und mit dem Luftleiter direkt oder indirekt in Verbindung steht, den man also den Linienstromkreis nennen könnte, und einen Lokalstromkreis, welcher durch den Wellenempfänger direkt oder mit Relais betätigt wird. Der Linienstromkreis hat natürlich nicht wie bei der Drahttelegraphie eine Verbindungsleitung zur nächsten Station, sondern enthält nur den Luftleiter, Tesla-Transformatoren, Kondensatoren und einen gegen die schwach ankommenden Wellen empfindlichen Wellenempfänger, dessen verschiedene Einrichtung bereits beschrieben wurde. Die Schaltungen sind insbesondere mit Rücksicht auf die verschiedenen Empfängerkonstruktionen voneinander sehr abweichend und infolgedessen ebenso zahlreich wie die Senderschaltungen. — Da jede Station mit einer bestimmten oder nach Erfordernis auch wechselnden Wellenlänge arbeitet, so sind außerdem noch Vorkehrungen erforderlich, welche es möglich machen, die Länge der ankommenden Wellen zu ermitteln und den Luftleiter mit Hilfe veränderlicher Drahtspulen auf die erforderliche Wellenlänge abzustimmen. Die Schaltung des Wellenempfängers richtet sich gleichfalls nach dessen Konstruktion, sie kann sowohl auf Stromstärke als auch auf Spannung gewählt werden und muß der Empfänger entweder in einem Knotenpunkte der Wellen oder in einem Spannungsbauche liegen. — Der Morse-Apparat für Aufnehmen von Schrift ist mit Selbstauslösung versehen, unterscheidet sich im übrigen nicht von der allgemein üblichen Konstruktion. Das Relais wird lediglich mit höchster Empfindlichkeit als polarisiertes Relais mit Abreißfeder am Anker verwendet. Das Einregulieren der hier nicht näher zu beschreibenden Apparate ist in den Betriebsvorschriften später näher behandelt.

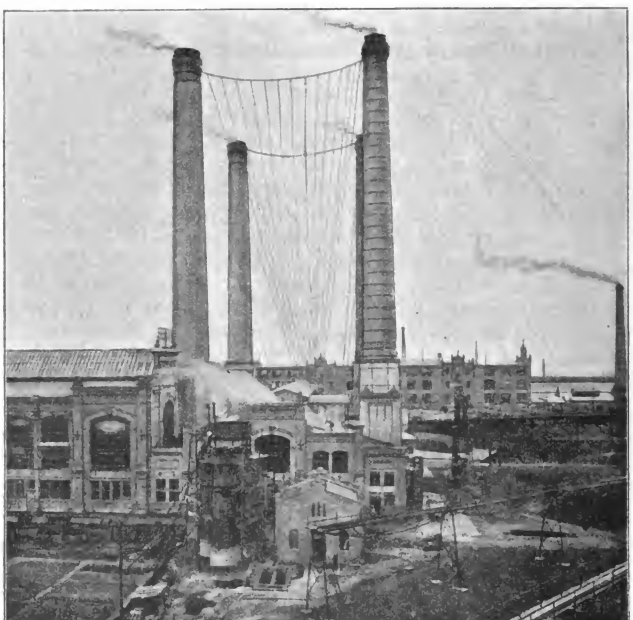
Wir wollen nun die Einrichtungen näher kennen lernen, welche für die verschiedenen Zwecke als feste, bewegliche, fahrbare, tragbare Stationen und auf Schiffen gebraucht werden. Wir betrachten zunächst die Luftleiter.

2. Einrichtung und Herstellung der Luftleiter.

Die in den Apparaten erzeugten elektrischen Schwingungen müssen in geeigneter Weise auf den freien, die Erde umgebenden Raum übertragen werden. Zunächst benützte man für diesen Zweck metallene Tafeln oder Zylinder. Später führte man einen einzelnen Draht möglichst hoch in die Luft. Um die Ausstrahlung zu erleichtern, wendete man dann Drahtgebilde in Form von Röhren, Körben oder harfenartig parallel ausgespannten Drähten an. Das Bestreben, die aufgewendete Energie zu vermindern, aber die Reichweite der Wellen zu vergrößern, führte schließlich zu der Erkenntnis, daß es am vorteilhaftesten sei, die Schwingungen durch ein Drahtseil eine gewisse Strecke senkrecht in die Höhe zu führen und dann auf einer möglichst großen Fläche durch radial verlaufende Drahtgebilde zur Ausstrahlung zu bringen. Je nach Umständen müssen verschiedene Formen der Luftleiter angewendet werden. Für feste größere Landstationen verwendet man (Marconi als erster) ein »trichterförmiges« Drahtgebilde, welches zwischen vier eisernen Türmen, Schornsteinen usw. isoliert angebracht ist, wie z. B. in Abb. 33 in Ober-Schönweide bei Berlin. Um Material zu sparen, ordnet man Luftleiter großer Strahlungsfläche wohl auch »dachförmig« an, wobei nur zwei eiserne Türme als Träger des Drahtnetzes gebraucht werden. — Eine äußerst wirksame Anordnung hat neuerdings die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in der Nähe von Nauen bei Berlin ausgeführt. Das Drahtnetz hat hier

eine »schirmförmige« Gestalt (Abb. 34). Ein eiserner Mast als Turm von dreieckigem Querschnitte dient als Träger des Strahlungsnetzes (Abb. 35).

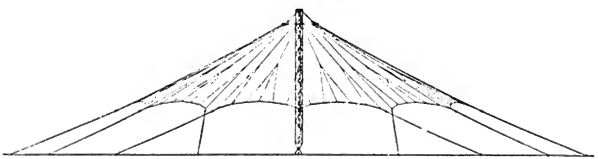
Abb. 33.



Für bewegliche Stationen, die besonders für militärische Zwecke in Frage kommen, gebrauchte man in den ersten Jahren ein 100—200 *m* langes

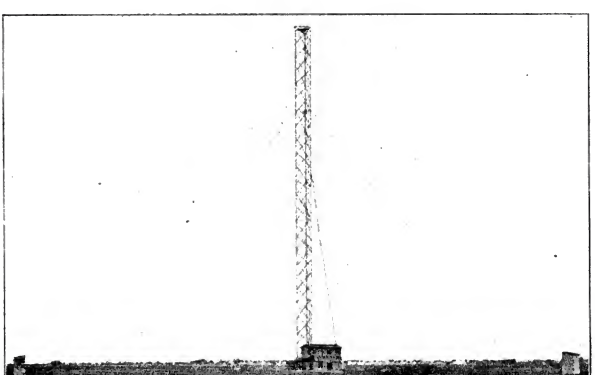
Bronzedrahtseil, welches durch einen Fesselballon von etwa 20 m^3 Inhalt getragen wurde. Diese Anordnung

Abb. 34.



hatte jedoch zahlreiche Übelstände. Es war nicht allein der Transport der Ballonhülle und von Wasserstoff-

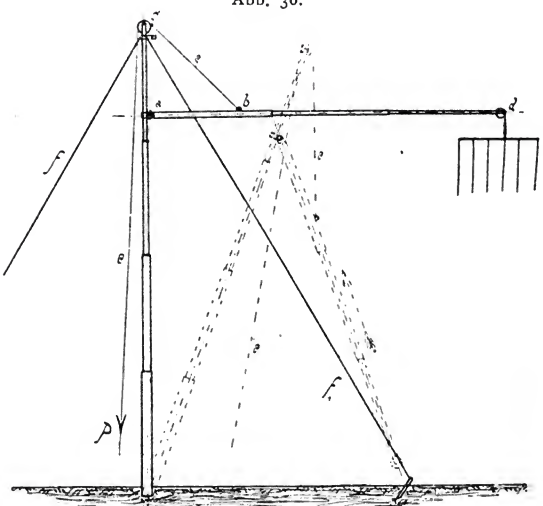
Abb. 35.



flaschen erforderlich, sondern die Lage der Station wurde auch weithin sofort erkennbar. Man hat daher neuerdings auch für diese Zwecke zusammenlegbare

Maste hergestellt, wie sie z. B. das System »Telefunken« verwendet. Die Masten werden aus Magnaliumrohr bis 15 *m* beziehungsweise 30 *m* Höhe zusammengesetzt. Die Maste dienen für transportable Militärstationen.

Abb. 36.



Bei der Konstruktion von Fritz Fiedler, D. R.-P. Nr. 172.453, trägt ein aus Röhren zusammengesetzter Mast etwa 1 *m* vom oberen Ende einen Ausleger, der durch ein über eine Rolle geführtes Seil in die senkrechte Lage emporgezogen werden kann (Abb. 36). Diese transportablen Masten haben geringes Gewicht und können von wenigen Leuten in etwa 15 Minuten be-

Magnaliummaste mit Schirmnetz, System »Telefunken«.

	Type I	Type II	Type III
Höhe über dem Erdboden	15 *m*	23 *m*	30 *m*
Größte Reichweite über { mit Schreiber	—	60 *km*	100 *km*
Land { mit Hörer	40 *km*	100 *km*	150 *km*
Anzahl der Rohrteile, je 1850 *mm* lang	8 von 60 *mm* Durchmesser	8 von 60, 4 von 70 *mm* Durchmesser	8 von 60, 4 von 70, 4 von 80 *mm* Durchmesser
Verbindungsmuffen	7 Stück	11 Stück	15 Stück
Anzahl und Länge der Luftdrähte (Bronzelitze)	6 Stück zu 25 *m*	12 Stück zu 40 *m*	12 Stück zu 40 *m*
Anzahl u. Länge der Gegengewichtsdrähte	6 » » 40 *m*	12 » » 60 *m*	12 » » 60 *m*
» der Verspannungen	3 Pardunen zu 15 *m* als ein System	3 Pardunen zu 25, 3 zu 15 *m* als zwei Systeme	3 Pardunen zu 30, 3 zu 25, 3 zu 15 *m* als drei Systeme
Eigenschwingung $\lambda_0 =$	245 *m*	440 *m*	550 *m*
Kapazität	800 *cm*	1550 *cm*	1700 *cm*
Verwendung	Tragbare und Würfelstation	Karrenstation	Karrenprotzstation
Zeit zum Aufrichten, Minuten	15	30	45
Anzahl der Mannschaften	6	7	10
Hilfsmittel zum Aufrichten	2 zerlegbare Auftritte	2 Karren, 1 Auftritt	Vorrichtung am Motorkarren und 2 Auftritte
Unterbringung der Rohre beim Transport	Seitlich am Wagen oder auf Pferden	Seitlich am Karren	Seitlich am Vorderwagen
Gewicht der einzelnen Rohrteile	3 *kg* bei 60 *mm* Durchmesser	4 *kg* bei 70 *mm* Durchmesser	5 *kg* bei 80 *mm* Durchmesser

triebsfertig aufgestellt werden, sie genügen für eine Reichweite von 15—50 *km*.

Auf Schiffen kann man die oben beschriebenen Luftleitergebilde nicht verwenden. Man spannt hier die Drähte entweder von dem Apparateraum ausgehend zwischen den Masten fächerförmig aus oder man zieht eine Anzahl paralleler Drähte zwischen zwei an den Masten befestigten Raen und stellt eine senkrechte Zuführung von den Apparaten nach der Mitte des Luftleiters her. Nach dem Vorschlage von J. Chr. Schäfer kann der Luftleiter auch zwischen dem Schiffe und einem nachgeschleppten Schwimmkörper ausgespannt werden, so daß man möglichst große Strahlungsflächen (Abb. 37) erhält.

Aufstellen der Masten bei festen Landstationen.

Das Aufstellen der Luftleitermasten gehört mit zu den schwierigsten Arbeiten, welche der Bau von Stationen erfordert. Der Aufbau kann natürlich sehr verschieden ausgeführt werden und richtet sich sowohl nach der Höhe als auch nach dem Materiale.

Holzmaste bis etwa 40 *m* Höhe setzt man aus 8—10 *m* langen Stämmen ähnlich wie die Schiffsmasten zusammen. Der unterste Stamm kommt auf eine Bettung aus Balken über oder in die Erde zu stehen und wird mit Hilfe einer kranartigen Vorrichtung, Seilen, Flaschenzügen und Stützen aufgerichtet, nach vier Seiten verstrebt und verankert. Alsdann wird dicht an diesem Stamme eine senkrechte Hilfsrüstung mit einer Winde gestellt, welche etwa dieselbe Höhe haben muß wie der unterste Mastbaum. Der zweite Baum wird emporgewunden, durch vier Halteseile gegen das Umkippen gesichert und mit Bändern an den untersten Mastbaum lose angeschnallt. Hat der zweite Baum auf diese Weise die richtige

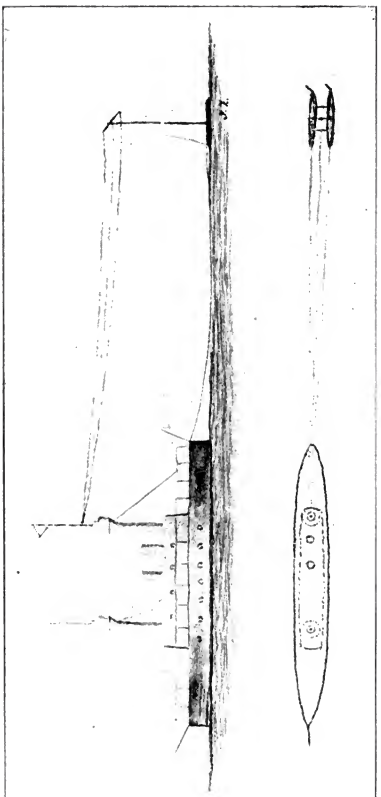


Abb. 37.

Höhe erreicht, so wird er auf etwa 2 *m* Länge durch Bolzen und Ringe mit dem unteren Baume vereinigt. Die einander aufliegenden Flächen beider Stämme werden entweder abgeschrägt oder der eine Stamm etwas ausgehöhlt, damit er einen sicheren Halt hat. Auf diese Weise kann man ohne kostspielige Rüstung die weiteren Maststücke aufsetzen, indem man eine Rolle mit Seil an der oberen Spitze der einzelnen Maststämme befestigt. Wie die Festigkeitsberechnung ergibt, müssen derartige Masten mindestens vier Verankerungen haben, damit sie bei starkem Luftdrucke nicht zerknickt werden. Die Amalgamated Radio-Telegraph Company, die frühere De Forrest Company hat für die englische Postverwaltung hölzerne Masten verwendet, welche aus einzelnen Holzplanken zusammengesetzt sind. Ein paralleles Bündel von Planken ist durch Schraubenbolzen zusammengehalten und ringsum mit gleich starken Planken bekleidet, so daß der Mast einen quadratischen Querschnitt erhält. Um auch in der Längsrichtung die notwendige Festigkeit zu erzielen, haben die einzelnen Planken verschiedene Länge. (Electrical Review London, Nr. 1524 vom 8. Februar 1907, S. 230.)

In tropischen Gegenden verwendet man mit Vorteil auch die sehr leichten und festen Bambusstämme. — Sehr wichtig bei allen Masten ist die gute Verankerung und Versteifung mit gut verankerten verzinkten Drahtseilen und die Anbringung eines Blitzableiters.

Im Verhältnis zu den Kosten haben derartige Masten, besonders wenn sie aus unseren europäischen Hölzern gefertigt werden, keine große Dauer und man verwendet, wenn es irgend angängig ist, entweder Masten aus zusammengeschraubten Mannesmannrohren oder aus Gitterstäben.

Eiserne Masten bis zu etwa 50 *m* Höhe kann man am schnellsten durch ein Leitergerüst aufbauen.

Das unterste Rohrende wird durch Bolzen und Schrauben mit Fußlager und Stützen versehen und 2—3 *m* in den Erdboden versenkt, unter Umständen auch noch mit einem Betonklotz umgeben. Hierauf wird die Baugrube mit Boden ausgefüllt und das Leitergerüst vierseitig aufgestellt. Die einzelnen Rohre werden emporgezogen, miteinander verschraubt, durch Ringe oder Muffen an dem Gewindeteile noch besonders gesichert und je nach der Höhe verankert. Das Gerüst wird allmählich in bekannter Weise verlängert. Die Arbeit kann nur von geübten Leuten ausgeführt werden, welche gewöhnt sind mit Leiterrüstungen umzugehen. Bei 40 *m* Höhe werden jedoch die Schwankungen des Gerüstes, besonders bei Luftbewegung immerhin so stark, daß nur schwindelfreie Leute die Arbeiten oben ausführen können. Bei Entfernungen von einigen 100 *km* genügt ein einzelner Mast nicht mehr, es sei denn, daß man den Luftleiter schirmförmig ausbildet. In vielen Fällen stellt man zwei Masten mit 40—50 *m* Abstand auf, spannt zwischen beiden an der oberen Spitze ein Seil und zieht daran 40—60 parallele Drähte in die Höhe. Die Anzahl und Stärke der Drähte richtet sich natürlich nach der erforderlichen Kapazität des Luftleiters. Die Untersuchungen von Dr. J. Zenneck, welche er in seinem Werke »Elektromagnetische Schwingungen« niedergelegt hat, geben interessante Aufschlüsse über die Luftleitergebilde.

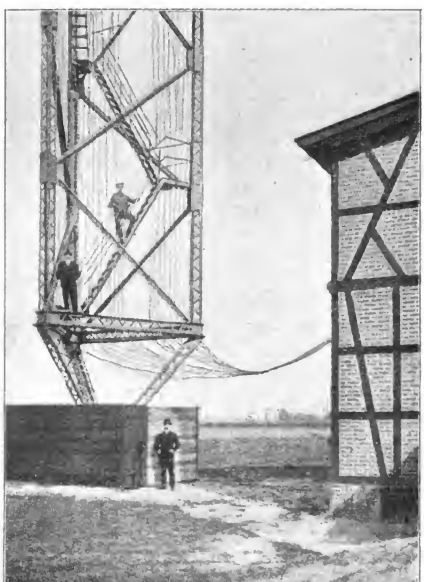
Als Beispiel für die Einrichtung der Ämter geben wir nachstehend eine Beschreibung der

3. Station Nauen.

Etwa 40 *km* in nordwestlicher Richtung von Berlin unweit der kleinen Stadt Nauen ist von der »Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.«, System »Telefunken«, eine funkentelegraphische Großstation er-

richtet. Schon in größerer Entfernung gewahrt der von Berlin oder Hamburg mit der Bahn Reisende den 100 *m* hohen Eisenturm, den Träger einer vieldrähtigen An-

Abb. 38.



tenne. Wie eine dünne Nadel hebt sich das Gitterwerk vom Horizonte ab.

Die Station liegt in einem nach allen Seiten hin flachen Gelände, das mit Wiesen, Wäldern und be-

ackerten Feldern sich meilenweit im Umkreise erstreckt. Die Untergrundverhältnisse sind in funkentelegraphischer Beziehung die denkbar günstigsten, da das Grundwasser schon in etwa 2 *m* Tiefe auftritt und somit die Erzielung einer günstigen Erdung ungemein erleichtert wird. Ungünstiger und schwieriger lagen die Verhältnisse für den Turmbau, da das große Turmgewicht und die beträchtlichen Verspannungskräfte auf sichere Fundamente zu übertragen waren.

Der äußere Aufbau der Station gliedert sich in drei Hauptbestandteile *a)* der Turm, *b)* die Antenne und Erdanlage, *c)* das Stationshaus.

a) Der 100 *m* hohe Turm ist in Eisenkonstruktion mit dreieckiger Basis von etwa 4 *m* Seitenlänge ausgeführt. Siehe Abb. 38. Die etwa auf 8 *m* Länge genieteten und so aneinander geschraubten drei Seitenstreben sind durch Diagonalverspannungen untereinander verbunden und verlaufen von der Turmspitze bis etwa 6 *m* über dem Erdboden parallel zueinander Abb. 38. Am Fußpunkte vereinigen sich die drei Streben in einer Stahlgußkugel, die in einer als Druckplatte ausgebildeten Lagerung beweglich ruht. Über eine zwischengelagerte Isolierschicht überträgt sich der gewaltige Druck auf das Betonfundament. Der Turm selbst ist durch Treppen bequem steigbar und besitzt in 96 *m* Höhe eine Plattform, von welcher aus die an der Turmspitze angeordneten drei Rollenpaare für die Aufzugsvorrichtung der Antenne zu bedienen und zu kontrollieren sind. In einer Höhe von 75 *m* greifen drei Verspannungen an, welche allein den Turm vertikal zu halten haben. Diese Verspannungen setzen sich aus einer Anzahl mehrere Meter langer Rundeisenstangen zusammen, welche durch kräftige Gelenke miteinander verbunden sind und in starkem Durchhange nach den etwa 200 *m* vom Turmfundament erbauten drei Verankerungen hinführen. Oben und unten sind diese

Eisenstangen vom Turm- beziehungsweise vom Verankerungsfundamente isoliert. Wegen der gewaltigen elektrischen Spannungen, welche bis zu 1000 *mm* Funkenlänge aufweisen, sind die drei oberen Isolierungen unter Öl ausgeführt und bewähren sich auf das beste. Die unteren Enden der drei Verankerungen finden ihren Halt in gemauerten Backsteinklötzen, die fast ausschließlich über der Erde aufgebaut sind und durch ihr Gewicht den bedeutenden Zug aufnehmen. Die Abbildung 35 zeigt diese Verankerungsgewichte als kleine, seitlich gelegene Häuschen mit schrägem Dache.

b) Von der Spitze dieses Turmes verläuft in weiter Auslegung die sechsteilige Schirmantenne dergestalt, daß immer zwei gegenüberliegende Teile sich über die bereits erwähnten Rollenpaare ausbalancieren. Durch diese patentierte Anordnung ist die Beanspruchung des Turmes durch das Netz auf ein Minimum gebracht; einseitig an der Antenne angreifende Kräfte werden ausgeglichen. Anderseits ist aber dafür Sorge getragen, daß jedes der sechs Segmente für sich heruntergelassen werden kann, wozu eine besondere Ablösevorrichtung an der Turmspitze vorgesehen ist. Die Schirmantenne besteht im oberen Teile aus 6×9 Bronzedrahtlitzen, deren Zahl sich aber im weiteren Verlauf nach unten in 162 Litzen vergrößert, dergestalt, daß jede Litze in etwa ein Viertel ihrer Länge sich in zwei weitere neue Litzen von einem Knotenpunkte aus verzweigt. Die gesamte Schirmfläche beträgt etwa 60.000 m^2. Jedes Segment der Schirmantenne ist durch Hanfseile über mehrere in Reihe geschaltete Porzellannuß-Isolatoren mit der Erde an eingerammten **U**-Eisen verankert. Von der Turmspitze verlaufen ferner alle Ableitungen des Schirmes nach dem Stationshause, und zwar 54 Litzen in sechs Harfen, durch Holzrahen zusammengehalten. Am Turm entlang geführt, gelangen dieselben über eine Sammelschiene in das Stationshaus. Diese

Ableitungen sind vom Turme nicht isoliert, so daß also der Turm mitzuschwingen vermag.

Die Erdungsanlage besteht aus 108 strahlenförmig, etwa 30 *cm* tief in das Erdreich verlegten Eisendrähten, welche sich ähnlich dem Luftnetze im weiteren Verlaufe in 324 Drähte verzweigen. Die Erdungsdrähte durchsetzen eine Fläche von etwa 126.000 m^2. Im Mittelpunkte vereinigen sich dieselben und sind in das Stationsgebäude geleitet.

c) Das Stationshaus ist ein aus Fachwerk aufgeführter zweistöckiger Bau von etwa 100 m^2 Grundfläche nebst angebautem Lokomobilschuppen. Zu ebener Erde liegt der Maschinenraum, Telegraphierraum und Wohnraum, im ersten Stocke der Hochspannungsraum. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß einmal die Schalldämpfung der Funkenstrecke nach dem Telegraphierraum hin gut ist, anderseits und vor allem gewährleistet sie eine trockene, übersichtliche Anordnung der Hochspannungsanlage. Die Heizung des Raumes wird durch Abdampf der Lokomobile bewirkt.

Die innere Einrichtung ist in drei Hauptgruppen angeordnet: *a)* die Energiequelle, *b)* die Gebeeinrichtung, *c)* die Empfangseinrichtung.

a) Als Antriebsmaschine ist eine normale Lokomobile aufgestellt, welche bei 7 Atm. und 120 U. etwa 35 PS. leistet. Als Heizmaterial dient Steinkohle und Koks. Die Wasserversorgung geschieht direkt durch eine Pumpe, welche Grundwasser ansaugt. Um Brennmaterial zu sparen, wird bei Dauerbetrieb die Lokomobile während längerer Gebepausen auf Vierteldampf gehalten, der vorhandene Druck genügt zur Abgabe kurzer Telegramme. Sobald eine längere Gebeperiode herankommt, ist vermittels des Exhaustors in einigen Minuten Volldampf zu erreichen und der Vollbetrieb aufzunehmen. Hierdurch gestaltet sich der Betrieb mit Lokomobile äußerst einfach und ökonomisch. Vom

Schwungrade der Lokomobile aus wird vermittels Riemen der Einphasen-Wechselstromgenerator angetrieben, welcher durch eine direkt angebaute Erregermaschine erregt wird. Der Generator leistet bei 750 U. 50 Perioden etwa 25 KW. Wechselstrom. Durch Hochfrequenzsicherungen ist die Wickelung des Generators gegen Hochfrequenzspannungen geschützt. Vom Generator aus verlaufen Leitungen zu dem im Telegraphierraum aufgestellten Schaltbrett. Hier sind sämtliche Sicherungen, Schalter und Messinstrumente angeordnet, und zwar, wie aus dem Schema ersichtlich: 1 doppelpoliger Ausschalter nebst Sicherungen, 1 Ampèremeter, 1 Voltmeter, 1 Frequenzmesser, 1 Tasterrelais und 1 Blockierungsrelais.

Der vom Generator erzeugte Wechselstrom speist über 4 primäre Drosselspulen, 4 Induktoren, welche zusammen mit den übrigen Hochspannungsapparaten im ersten Stockwerke aufgestellt sind.

b) Der Geberkreis besteht aus einer Kapazität von 360 großen Leydener Flaschen, welche bei einer resultierenden Kapazität von 400.000 *cm* in dreifacher Hintereinanderschaltung liegen. Ferner aus einer ringförmigen einfachen Funkenstrecke ohne Ventilation und der Selbstinduktion, einer aus versilbertem Kupferrohr hergestellten Spirale mit Anschlüssen, sowohl für den Erregerkreis als auch zur Koppelung des Luftdrahtes und zum Anschlusse der Erdleitung. Das Schaltungsschema der Station ist in Abb. 39 dargestellt. Eine fest verlegte Meßleitung, welche zum Wellenmesser führt, ermöglicht es, jeden Augenblick die Größe der im Erregerkreise erzeugten Welle zu messen und die Koppelung zu bestimmen. Die Ladung der Flaschen geschieht durch die sekundären Wickelungen der vier Induktoren, welchen zwei Hochspannungsdrosselspulen zugeschaltet sind. Infolge guter Resonanz ist zur Aufladung dieser gewaltigen Kapazität nur eine

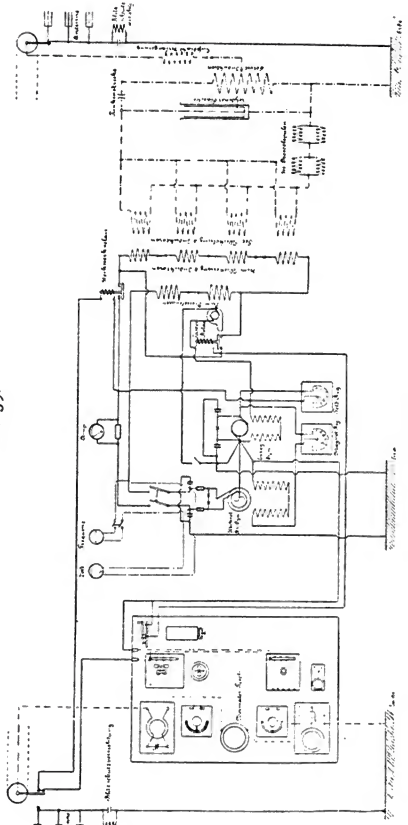


Abb. 39. Schaltungs-Schema

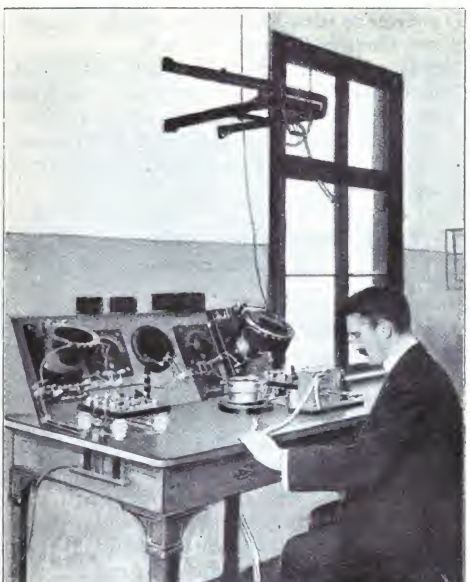
verhältnismäßig geringe Energie aufzuwenden. Das Abschalten der Induktoren von der Batterie geschieht nicht wie bei kleinen Stationen durch Öffnen und Schließen des primären Stromkreises, sondern durch Kurzschluß der primären Induktorwickelung und gleichzeitig des Wechselstromgenerators auf die bereits erwähnten primären Drosselspulen; das Anschalten dadurch, daß dieser Kurzschluß aufgehoben wird. Da hierbei erhebliche Stromstärken auftreten, so war eine besondere Schalterkonstruktion mit dem erwähnten Relaistaster erforderlich. Dieser Apparat hat sich außerordentlich bewährt, sowohl bezüglich der Betriebssicherheit als auch der Telegraphiergeschwindigkeit. Die Betätigung des Tasterrelais wird durch einen gewöhnlichen Morse-Taster bewirkt, welcher auf dem Empfangstische im Telegraphierraum angeordnet ist.

c) Um vom Geben zum Empfangen überzugehen, bedarf es nur eines Handgriffes, um einen Schalter zu betätigen, welcher die Antenne und Erde vom Geberkreise auf den Empfangskreis umschaltet und gleichzeitig den Wechselstromkreis durch das Blockierungsrelais ausschaltet, so daß »Geben« unmöglich ist. Diese Anordnung war durchaus erforderlich, um die empfindlichen Zellen und Fritter vor den starken Einwirkungen des Erregerkreises zu schützen.

Sämtliche Empfangsapparate sowie die zur Abstimmung der Empfangskreise erforderlichen Kondensatoren und Spulen sind auf einem gemeinsamen Tische montiert, welcher im Telegraphierraum aufgestellt ist (Abb. 40). Dieser Tisch trägt einen pultförmigen Aufsatz, auf welchem ein Teil der Zubehörapparate montiert ist, wodurch eine leichte Bedienung und Übersichtlichkeit erreicht wird. Bei der gegebenen Anordnung des Empfängers ist es möglich, sowohl mit Schreiber als auch mit Hörer unabhängig voneinander und auch gleichzeitig zu empfangen (vgl. Schema, Abb. 39).

Um die ganze Apparatur vor atmosphärischen Störungen zu schützen, ist eine Blitzschutzvorrichtung vorgesehen, welche sich außerordentlich bewährt und

Abb. 40



bei wiederholten Blitzschlägen in den Turm den gewünschten Schutz gewährt hat.

Die bisher mit der Station erzielten Reichweiten sind folgende:

2700 *km* (teils über Land), Empfang auf den mit Telefunkenapparaten ausgerüsteten Dampfern;

1350 *km* über Land, Hör- und Schreibeempfang in St. Petersburg;

800 *km* über Land, Hör- und Schreibeempfang in Rigi-Scheidegg (Schweiz, größtenteils Gebirge).

Die Grenze der Reichweite dürfte durch obige Ergebnisse noch nicht erreicht sein.

Der Betrieb der Station hat sich als außerordentlich einfach und ökonomisch erwiesen; die Bedienung kann von zwei Mann erfolgen, und zwar von einem Heizer, welcher noch alle übrigen groben Arbeiten in der Station erledigt, und von einem geschulten Telegraphisten.

4. Fahrbare Stationen (Karrenprotzsystem »Telefunken«).

Apparate und Zubehör sind in vier zweiräderigen Karren untergebracht, die, entweder einzeln oder zu zwei Wagen gekoppelt, als Protzfahrzeuge, mit vier Pferden bespannt, gezogen werden können. Die Gewichte der einzelnen Teile sind in nachstehender Tabelle angegeben. Diese fahrbaren Stationen sind für die Landarmee bestimmt und dienen zur schnellen Übermittlung von Nachrichten bis auf etwa 300 *km*. Jede Station besteht aus zwei vierräderigen Protzfahrzeugen. Die Einrichtungen in den Fahrzeugen sind so getroffen, daß sie mit wenigen Handgriffen in einzelne Karren zerlegt werden, und entweder mit Scherbäumen einspännig oder mit Deichsel zweispännig gefahren werden können. Der Gerätekarren enthält sämtliche elektrische Reserveapparate für Geber und Empfänger, Reservebenzin, acht Rohrteile des zerlegbaren Mastes und militärische Ausrüstungsgegenstände. Der Mastkarren führt Teile des Mastes, Luft- und Gegen-

gewichtsnetz nebst Reserveteilen und acht Rohrteile des Mastes. Auf dem Motorkarren ist ein 4 PS. Benzinmotor mit sechspoliger Wechselstrommaschine mit 110 Volt Spannung und 0·75 KW. Nutzleistung mit einer Gleichstromerregerdynamo untergebracht. Der

Abb. 41.

Benzinbehälter faßt 30 *l*, auch enthält das Fahrzeug Schaltbrett, Spannungsmesser und Wasserkühler mit 20 *l* Wasser. Der Apparatekarren enthält im vorderen Teile die Gebe- und im hinteren die Empfangsapparate. An Stelle des Mastes kann auch ein Luftdraht von 250 *m* Länge mit einem Drachen benützt werden. Das Aufrichten des Mastes, Anbringen des Luft- und Gegengewichtsnetzes erfordert 30 Minuten Zeit und einen Unteroffizier mit zehn Mann. Je nach der Stärke des

Abb. 42.

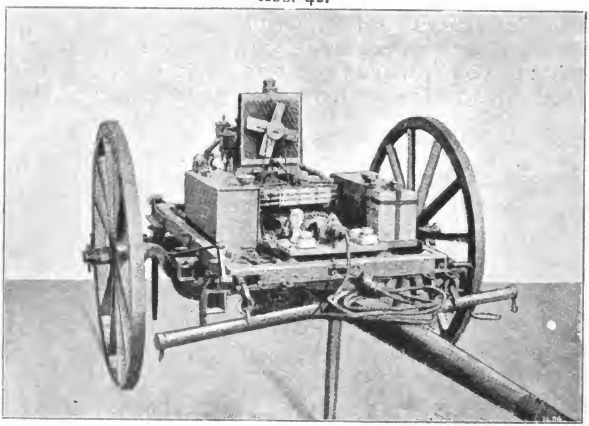


Abb. 43.

Windes werden Eddy-Drachen oder Kastendrachen verwendet. Abb. 41 zeigt den Apparatekarren und

Abb 44.

Abb. 42 den Kraftkarren. In Abb. 43 ist die fahrbare Station in Fahrstellung dargestellt. Das Aufstellen des Mastes mittels besonderer Aufrichtevorrichtung zeigt Abb. 44.

Gewicht einer fahrbaren Station (Karrenprotzsystem) System »Telefunken«.

Wagen I.

a) Gerätekarren:	
Gewicht des Karrens	400 *kg*
Inhalt (Reserve)	100 »
b) Apparatekarren:	
Tisch	50 *kg*
Induktor	52 »
Erregerspule	3 »
Funkenstrecke	22 »
Flaschenbatterie	55 »
Wagenzubehör	18 »
Karrengewicht	400 »
4 Bedienungsleute	300 »
Summe	1400 *kg*

Wagen II.

a) Mastekarren:	
Gewicht des Karrens	400 *kg*
Inhalt (Mast)	100 »
b) Kraftkarren:	
Motor einschließlich Rohrleitung, Zubehör etc.	100 *kg*
Kühler	12 »
Erregerdynamo	19 »
Wechselstromgenerator	40 »
Auspufftopf	10 »
Benzinbehälter	28 »
Wasserbehälter	20 »
Dazu Karren mit Rahmen	450 »
4 Bedienungsleute	300 »
Summe	1479 *kg*

5. Tragbare Stationen.

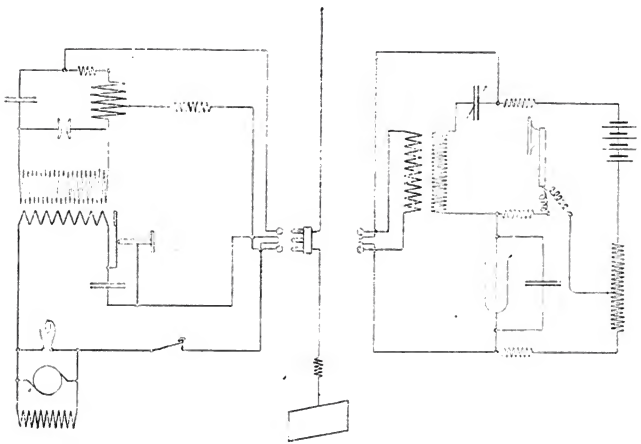
System »Telefunken«.

Um auch auf kleinere Entfernungen in solchem Gelände Nachrichten zu übermitteln, in welchem Fahrzeuge den Bewegungen der Truppen nicht mehr folgen können, kommen die nachstehend beschriebenen tragbaren Funkenstationen zur Verwendung. Die nachstehenden Gesichtspunkte waren für die Konstruktion maßgebend: Handlichkeit und geringes Gewicht der Apparate, große Betriebssicherheit, hoher Wirkungsgrad bei relativ geringen Mitteln, dauerhafte und möglichst einfache Apparate und Einrichtungen sowie Kriegsbrauchbarkeit.

Der Luftleiter wird von einem 15 *m* hohen, aus acht 1·85 *m* langen Magnaliumrohren bestehenden Maste getragen; er besteht aus einem Schirmnetze von sechs Bronzedrahtlitzen zu je 25 *m* Länge. Unter dem Schirmnetze sind 1 *m* über dem Boden sechs Gegengewichtsdrähte von je 40 *m* Länge ausgespannt, welche von einem isolierten Ringe am Maste ausgehen. Der Mast selbst ist vom Boden isoliert und bildet zugleich die Zuleitung zum Luftnetze. Als Kraftquelle dient eine kleine Gleichstrom-Nebenschlußdynamo, welche bei 1300 Umdrehungen 1 Ampère 45 Volt gibt. Den Umtrieb bewirkt ein Mann, welcher auf einem fahrradähnlichen Tretgestelle sitzt. Das Tretgestell ist in zehn Teile zerlegbar und kann in drei Minuten aufgestellt werden. Der Gebeapparat befindet sich in einem Holzkasten, der zum Transport in einem Ledertornister steckt und bei Gebrauch unter einem Schutzdache aufgestellt wird. Der offene Schwingungskreis (siehe die Schaltungsskizze Abb. 45) wird durch Luftnetz, Verlängerungsspule, Gegengewichtsnetz und Gegengewichtsspule gebildet. Der geschlossene Schwingungskreis setzt sich aus Funkenstrecke, Flaschenbatterie, Erregerselbst-

induktion und Korrektionsspule zusammen. Es wird mit einer Wellenlänge von 364 *m* und einer nicht veränderlichen Koppelung von 8% gearbeitet. Die Empfangsapparate sind in einem Holzgestelle vereinigt, welches in einem Ledertornister untergebracht ist. Das Empfangssystem setzt sich aus Luft- und Gegen-

Abb. 45.



gewichtsnetz mit Verlängerungsspule und einem induktiv geschalteten Hörempfänger zusammen. Der Hochfrequenzschwingungskreis des letzteren (siehe Schaltungsschema, Abb. 45) besteht aus Blockierung, Empfangstransformator, veränderbarem Kondensator, elektrolytischem Empfänger und Parallelkondensator. Der Lokalstromkreis besteht aus Drosselspulen, Kopftelephon, verschiebbarem Widerstande und Batterie.

Die Hochfrequenz führenden Leitungen sind besonders sorgfältig isoliert, haben kräftigen Querschnitt und sind versilbert. Hierdurch ist es möglich, Wellen von nur 5% verschiedener Länge auszuschalten und dadurch eine bedeutende Störungsfreiheit zu erzielen. Nachstehend sind die Gewichte dieser Station angegeben.

Gewicht einer tragbaren Station System »Telefunken«.

Mast	30 *kg*
Luftnetz und Zubehör	50 »
Gebeapparat	20 »
Hammerkondensator	10 »
Empfangsapparat	10 »
Tretgestell	15 »
Dynamomaschine	30 »
2 Auftritte	10 »
Handwerkzeug	5 »
Zubehör und Reserve	20 »
Summe	200 *kg*

Die Reichweite der tragbaren Station System »Telefunken« beträgt in mittlerem Gelände 30 bis 50 *km*. Zum Transport auf dem Marsche dient für zwei tragbare Stationen nebst Reserve ein zweiräderiger Karren. Bei der Verwendung durch Kavallerie werden die beiden Stationen auf vier Tragtiere mit Packsätteln verladen, sodaß jedes Pferd höchstens 50 *kg* zu tragen hat. Zur Begleitung dienen ein Offizier, ein Unteroffizier, sieben Mann. Die Station wird in 20 Minuten aufgebaut und bedarf zur Bedienung drei Mann, von denen der eine Geber und Empfänger bedient, während zwei Mann sich beim Treten der Dynamo abwechseln. Bei Verwendung durch Infanterie wird eine tragbare Station durch acht Mann befördert, von denen je zwei auf Traggerüsten aus je zwei Rohrteilen des Mastes

je 25 *kg* zu tragen haben. In Abb. 46 ist eine derartige Station im Betriebe dargestellt.

Am Maste hängt der isolierte Ring *2* mit dem Gegengewichte. In dem Zelt *9* aus vier Plänen sitzt die Bedienung für das Tretgestell *3*. Im Hintergrunde befindet sich der Transportkarren *10*. Die Luftdraht-

Abb. 46.

verlängerungsspule *7* ist auf zwei Stäben angebracht, die im Erdboden stecken.

System Heinicke.

Besonders der militärische Aufklärungsdienst bedarf einer Station, welche bezüglich ihrer Leichtigkeit, Handlichkeit und Zuverlässigkeit allen Ansprüchen genügt.

Die Station besteht aus dem Gebe- und Empfangsapparate nebst Batterie, dem Maste nebst Ver-

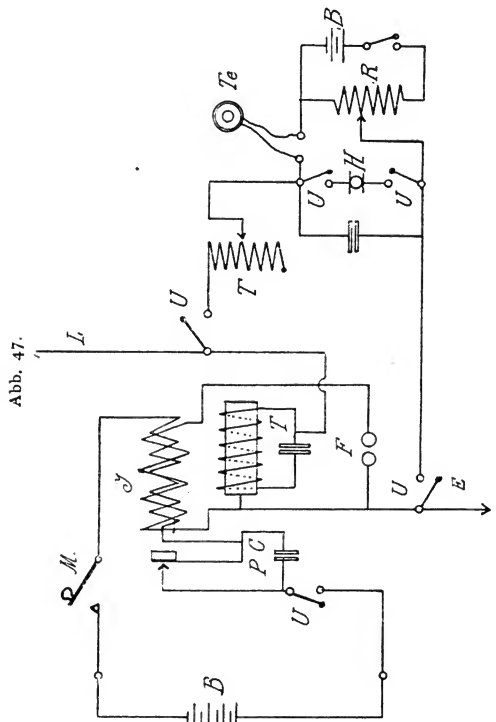


Abb. 47.

seilung und Befestigung und dem Netze und Gegengewicht.

Der Gebe- und Empfangsapparat ist in Form eines Tornisters angeordnet und wird von einem Manne auf dem Rücken getragen.

Beim Abstellen wird er auf herunterklappende Füße gesetzt. Der Tornister enthält den Induktor, den Heinicke-Transformator, die Funkenstrecke und Morse-Taster, ferner den Hörempfänger mit Galvanometer, Trockenbatterie und Telephon.

Die Batterie, welche zur Betätigung des Induktoriums dient, wird in imprägnierten Taschen am Gürtel getragen und die Verbindung mit dem Apparate durch Stöpsel und Schnur hergestellt.

Durch eigenartige Anordnung der Apparate und Verschlüsse wird erreicht, daß entweder nur der Gebe- oder der Empfangsapparat eingeschaltet werden kann. Auf diese Weise ist es selbst bei Verwendung ungeschulten Personals ausgeschlossen, daß eine Beschädigung der Apparate durch Starkstrom eintritt.

Der zu dieser Station verwendete Mast ist an anderer Stelle beschrieben und in Abb. 36 dargestellt.

Die Aufstellung des Mastes und Inbetriebsetzung der Station nimmt nur eine Zeit von 15 Minuten in Anspruch. Der Transport der Station nebst Zubehör wird durch vier Mann bewirkt.

Die Abb. 47 zeigt das Schaltungsschema der tragbaren Station.

Gewicht der tragbaren Station System »Heinicke«.

Mast	30 *kg*
Luftnetz und Zubehör	10 »
Gebeapparat und Empfangsapparat in Tornisterform	20 »
Stromquelle	10 »
Handwerkzeug	5 »
Summe	75 *kg*

Nachdem wir vorstehend die Apparate und die Einrichtung der Stationen näher kennen gelernt haben, wollen wir noch in einem besonderen Abschnitte diejenigen Apparate behandeln, welche sowohl zum Studium der Vorgänge in der drahtlosen Telegraphie als auch besonders für einen geregelten Betrieb zur Ermittlung der Wellenlänge dienen. Es sind dies die sogenannten Wellenmesser, welche nicht wenig für die Ausbildung und Vervollkommnung aller Teile in der drahtlosen Telegraphie beigetragen haben.

Für geregelten Betrieb der Stationen und die Kenntnis der Vorgänge sind Meßapparate beziehungsweise Messungen unerläßlich.

6. Meßapparate.

Wellenmesser von Slaby.

Der von Slaby angegebene Wellenmesser[1]) besteht aus einem Glasstabe, der mit seidenumsponnenem Kupferdrahte von 0·1 *mm* Dicke in einer Lage bewickelt ist. An dem einen Ende trägt der »Multiplikationsstab« eine Metallfassung, welche mit einem Ende der Wicklang verbunden ist, während das andere Drahtende freibleibt. Der Stab ist mit einer Skala versehen, welche die Viertelwellenlängen der zu messenden Schwingungen in Metern angibt.

Nimmt man die Metallfassung des Stabes in die linke Hand und fährt mit einem geerdeten Drahte längs des Stabes entlang, so kommt die freie Spitze des Multiplikationsstabes bei einer bestimmten Stellung

[1]) P. Drude, E.-T. Z. 1905, S. 339. Eichung von Wellenmessern, insbesondere beim Slabyschen Multiplikationsstabe. — E. Gehrke, E.-T. Z. 1905, S. 697. Über die Messung von Wellenlängen elektrischer Schwingungen.

zum intensiven Sprühen. Die Multiplikationsspule schwingt dann in Resonanz mit dem zu messenden Schwingungskreise, am freien Ende hat sich ein Spannungsbauch ausgebildet und die von dem geerdeten Drahte bedeckte Marke der Skala gibt die Viertelwellenlänge der gemessenen Schwingung an.

Die freie Spitze des Meßstabes muß dem zu messenden Schwingungskreise zugewandt sein. Um die Lichtwirkung des Funkensprühens zu verstärken, verbindet man zweckmäßig das freie Drahtende mit einem Blättchen, welches mit Bariumplatincyanür belegt ist.

Für den praktischen Gebrauch hat Slaby drei Stäbe für verschiedene Meßbereiche angegeben:

Stab	Durchmesser in Zentimetern	Länge in Zentimetern	Meßbereich für eine Viertelwellenlänge in Metern
A	1	80	25— 50
B	2	80	50—100
C	4	80	100—200

Wellenmesser von Drude.[1])

Für kurze Wellen, deren Wellenlängen unter 12 *m* liegen, erregt der primäre Kondensatorkreis, dessen Periode bestimmt werden soll, eine aus zwei 1 *mm* starken, genau parallelen Kupferdrähten bestehende Sekundärleitung, welche an einem Ende metallisch geschlossen ist, während man nach dem anderen Ende zu einen geraden Metallbügel *B* so lange verschiebt, bis die Sekundärleitung in Resonanz mit der Primär-

[1]) P. Drude, Resonanzmethode zur Bestimmung der Periode der oszillatorischen Kondensatorentladung. Annal. der Phys. 3, pag. 611, 1902.

leitung steht. Dies erkennt man daran, daß eine über die Paralleldrähte möglichst in der Mitte aufgelegte Vakuumröhre maximal leuchtet. Die Wellenlänge ist dann gleich der ganzen Länge der Sekundärleitung, d. h. der doppelten Länge der Paralleldrähte, vermehrt um die doppelte Länge des Bügels B und vermehrt um 3 *cm*, welche der Kapazität im leuchtenden Vakuum entsprechen. Die Paralleldrähte dürfen nicht unter 6 *cm* über einem Holzmaßstabe ausgespannt werden, weil sonst die Wellenlänge wegen der Dielektrizitätskonstante des Holzes größer ist.

Für längere Wellen, deren Länge über 12 *m* beträgt, verwendet man eine Parallelleitung aus zwei 1 *mm* dicken Drähten in 2—3 *cm* Abstand, welche auf einem Holzmaßstabe von 2 *m* Länge aufgespannt wird. Auf dem einen Ende sind die Drähte rechtwinkelig umgebogen und federn gegen die Platten eines Kondensators C, welcher dadurch hergestellt wird, daß zwei rohpolierte Metallplatten von 12 *cm* Durchmesser durch drei kleine Ebonitplättchen von etwa 4 mm^2 Größe und $^1/_2$—1 *mm* Dicke einen genau meßbaren Abstand voneinander erhalten.

Die Abb. 48 zeigt die Anordnung dieses Wellenmessers. Über den Paralleldrähten ist ein 1 *mm* dicker Metallbügel B verschiebbar; derselbe trägt in der Mitte einen Senkel, der knapp über der Millimeterteilung des Holzmaßstabes spielt.

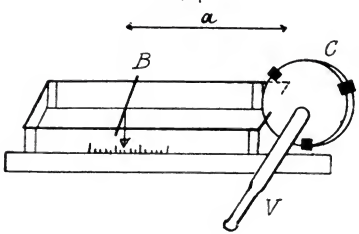
Eine Vakuumröhre (ohne Elektroden) wird gegen die eine Metallplatte des Kondensators in einer aus der Abb. 48 zu ersehenden Lage geschoben, die Sekundärleitung in eine Stellung gebracht, in der sie von der Primärleitung induktiv erregt wird und der Bügel B auf Resonanz eingestellt, was man am maximalen Leuchten der Vakuumröhren erkennt.

Die Wellenlänge des Primärkreises ist aus der Formel zu berechnen:

$$\lambda = 2\pi \sqrt{CL} + \frac{\pi}{3} \frac{a^2}{\sqrt{CL}},$$

wobei a den Abstand des Bügels B vom Ende der

Abb. 48.



Parallelleitung, welches am Kondensator liegt, bedeutet, C die Kapazität des Kondensators, L die Selbstinduktion der (rechteckigen) Sekundärleitung.

Wellenmesser nach Dönitz.

Der Wellenmesser nach Dönitz [1]) gestattet die unmittelbare Messung der Wellenlänge elektrischer Schwingungen sowie die Untersuchung der Schwingungsvorgänge in elektrisch schwingenden Systemen.

Seiner Bestimmung entsprechend, ist der Apparat so eingerichtet, daß mit dem Selbstinduktion und Kapazität enthaltenden geschlossenen Schwingungskreise ein Strommesser (Hitzdrahtinstrument), welcher die im Schwingungskreise auftretenden Stromstärken anzeigt, induktiv verbunden ist.

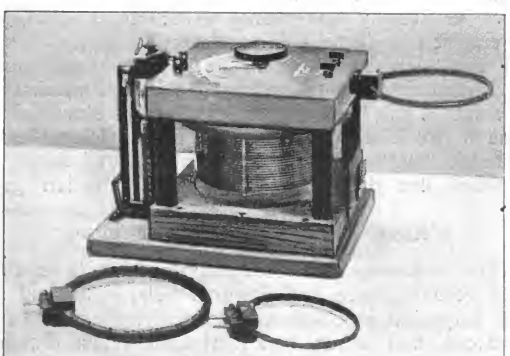
Der Apparat ist so konstruiert, daß die Kapazität des geschlossenen Schwingungskreises innerhalb weiter

[1]) Johannes Dönitz, E.-T. Z. 1903. Heft 45.

Grenzen beliebig verändert werden kann, wobei die hierzu dienende Einstellung mit einem Zeiger verbunden ist. Die Beobachtung des Hitzdrahtinstrumentes gestattet die Festlegung der Resonanz bei bestimmter eingestellter Kapazität, und eine Ablesevorrichtung gibt Gelegenheit, die dieser Kapazitätseinstellung entsprechende Wellenlänge in bequemster Weise abzulesen.

Eine günstige Ausführung des Apparates, die sich durch einen weiten Meßbereich bei kompendiösem

Abb. 49.



Baue desselben auszeichnet, ergibt sich, wenn außer der allmählichen Veränderung der Kapazität auch die andere elektrische Größe, also die Selbstinduktion veränderlich gemacht wird. Diese Abstufungen der Selbstinduktion sind so bemessen, daß die allmähliche Veränderung der ersten Größe innerhalb der aufeinanderfolgenden Stufen der zweiten zur fortlaufenden Er-

weiterung des Meßbereiches benützt werden kann. Die Abb. 49 stellt einen solchen Wellenmesser dar.

Der geschlossene Schwingungskreis wird aus den Selbstinduktionswindungen und dem Kondensator gebildet. Der Kondensator ist ein regulierbarer Plattenkondensator, welcher sich zwecks besserer Isolation und zur Erhöhung der Dielektrizitätskonstante in einem mit Paraffinöl gefüllten Behälter befindet.

Derselbe besitzt einen feststehenden Satz parallel und gleich weit voneinander angebrachter Platten von halbkreisförmiger Gestalt, welche sämtlich an einen Pol angeschlossen sind, und einen im ganzen um die Achse drehbaren Satz ebenso gestalteter Platten, die von ersteren isoliert an den anderen Pol angeschlossen sind und sich bei Drehung der Achse allmählich in die Zwischenräume des feststehenden Plattensatzes einschieben. Die Drehung erfolgt mit Hilfe eines Griffes. Je nach der Einstellung ist sonach die elektrostatisch wirksame Oberfläche des Kondensators und somit die Kapazität des Schwingungskreises verschieden groß.

Wellenmesser von S. A. Flemming.

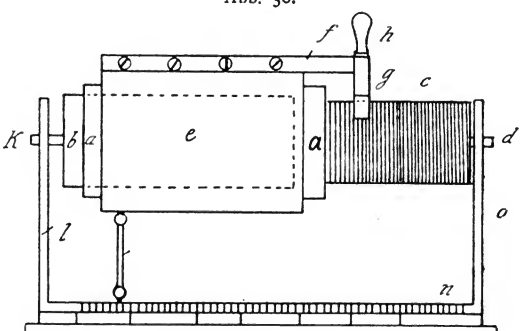
Der Wellenmesser von Flemming[1]) stellt ebenfalls einen geschlossenen Schwingungskreis, bestehend aus einer Kapazität in Form eines zylindrischen Gleitkondensators und einer veränderlichen Selbstinduktion, dar, die so intermittierend miteinander verbunden sind, daß eine einzige Bewegung gleichzeitig die Selbstinduktion und die Kapazität vermindert oder erhöht.

Der Kondensator besteht aus zwei konzentrischen Metallrohren. Als Dielektrikum wird dabei Ebonit oder ein Material gewählt, das mit der Frequenz sich nicht ändert und sehr gute Isolationskraft besitzt.

[1]) D. R.-P. Nr. 176.403.

Abb. 50 zeigt die Seitenansicht der Vorrichtung. In dem Ebonitrohr *a* liegt ein Messingrohr *b*, das aus jenem Rohre an einer Seite etwas hervorragt und anderseits mit einem zweiten, mit einer Wicklung aus starkem Kupferdrahte versehenen Ebonitrohr *c* verbunden ist. Das Rohr *c* ist von kleinerem Durchmesser als das Rohr *a* und in letzteres eingesetzt. Die Kupferwicklung wird zweckmäßig in offenen Windungen mit

Abb. 50.



0·3—0·6 *cm* Gangabstand voneinandergehalten. Das äußere Ende des Drahtes ist an einen Metallstift *d* angeschlossen, der in der Stirnfläche des Rohres *c* sitzt, während das andere Drahtende isoliert ist. Auf dem äußeren Ebonitrohre ist ein zweites Messingrohr *e* verschiebbar angeordnet. Dieses Rohr trägt eine Schiene *f* mit Kontaktbügel *g* und Ebonithandgriff *h* und ist mittels des Handgriffes *h* leicht auf dem Rohre *a* zu verschieben, wobei jedoch der Bügel *g* stets guten elektrischen Kontakt mit den Kupferwindungen auf dem Rohre *c* macht.

Am inneren Messingrohre *b* ist ebenfalls ein Stift *k* vorgesehen. Beide Stifte *d* und *k* sind durch einen starken Kupferrahmen *l*, *m*, *n*, *o* miteinander verbunden. Wie ersichtlich stellt die Vorrichtung einen Kondensator in Reihe mit einer Selbstinduktion dar. Führt man den Handgriff *h* über die Kupferspirale hin, so wird damit die Selbstinduktion des Kreises sowie die Kapazität des Kondensators herabgesetzt. Was die Abmessungen des Instrumentes anbelangt, so hat sich zum Messen von Wellenlängen bis zu 600 *m* folgende Maßangabe bewährt. Das Ebonitrohr *a* erhält 10 *cm* im Durchmesser bei mindestens 0·25 *cm* Wandstärke und 1 *m* Länge. Das äußere Messingrohr wird zirka 75 *cm* lang und das Ebonitrohr *c* so lang bemessen, daß es zirka 75 *cm* frei aus dem Rohre *a* hervorragt. Das Messingrohr *e* wird durch Umlegen eines Messingbleches über den Umfang des äußeren Ebonitrohres und Verbinden der Blechkanten mittels Schrauben oder dergleichen auf der Messingschiene *f* hergestellt, wobei man dem Rohre *e* durch Anziehen der Schrauben den erforderlichen festen Sitz auf dem Rohre *a* gibt, so zwar, daß es glatt auf dem Ebonitrohre *a* passend sitzt und sich gleichwohl leicht darauf verschieben läßt. Ebensogut muß das innere Messingrohr *b* im Rohre *a* sitzen und daraus etwa 2·5 *cm* hervorragen. Der Kupferrahmen kann aus einem Kupferstreifen von 2·5 *cm* Breite und 0·35 *cm* Dicke gebildet sein.

Wellenmesser Eisenstein.

Von Simon Eisenstein (Abb. 51) ist ein Verfahren zur Messung der Wellenlängen eines Thomsonschen Kreises angegeben.[1]) Eisenstein benützt das von

[1]) Patent Nr. 177.251.

Nernst angegebene Prinzip zur Messung von Selbstinduktion der Thomsonschen Kreise mit einer variablen Selbstinduktion und einer variablen Kapazität sowie einer Glimmlichtoszillographenröhre.

Abb. 52 zeigt eine Anordnung nach Eisenstein. Um die Wellenlänge eines geschlossenen Schwingungskreises *CLF* zu messen, wird eine variable, in Zentimetern geeichte Selbstinduktion L_1 und ein

Abb. 51.

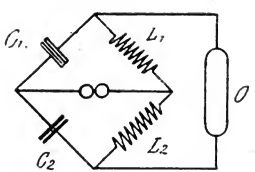
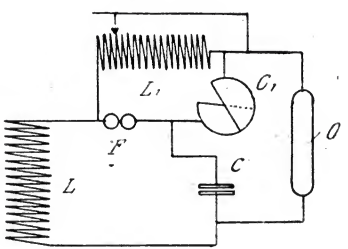


Abb. 52.



variabler, gleichfalls in Zentimetern geeichter Kondensator C_1 zur Anwendung gebracht, während O eine Glimmlichtoszillographenröhre darstellt. Durch Veränderung des Kondensators C_1 oder der Selbstinduktion L_1 läßt sich der messende Schwingungskreis so einstellen, daß er sich mit dem zu messenden Kreise *CLF* in Resonanz befindet. Diese Resonanz wird in der Glimmlichtoszillographenröhre O dadurch kenntlich gemacht, daß die bei Nichtübereinstimmung auftretenden Lichterscheinungen verschwinden, indem durch die Veränderung des Kondensators C_1 beziehungsweise der Selbstinduktion L_1 die Spannungsdifferenz zwischen den Polen der Glimmlichtröhre O aufgehoben wird. Dann ist die Wellenlänge λ des Thomsonschen Kreises

$\lambda = 2\pi\sqrt{C_1 L_1}$, wo C_1 und L_1 in Zentimetern ausgedrückt sind. Wenn eine der variablen Größen konstant bleibt und sich nur die andere verändert, so kann die letztere direkt in Wellenlängen geeicht werden.

Die Benützung des von Nernst für die Messung von Selbstinduktionen angegebenen Prinzipes für die Messung von Wellenlängen eines Thomsonschen Kreises bietet insofern Vorteile, als die Koppelung des Wellenmessers mit dem schwingenden Kreise, dessen Wellenlänge bestimmt werden soll, eine vollständig lose ist, wodurch die Größe der Selbstinduktion und der Kapazität des zu messenden Kreises nicht beeinflußt werden. Auch die Benützung der Glimmlichtoszillographenröhre an Stelle der von Nernst angewandten Geisler-Röhre hat einen Vorteil, da bei ersterer durch die Veränderung der Länge der Lichterscheinungen der Sinn der erforderlichen Veränderung der Selbstinduktion beziehungsweise der Kapazität in dem zu messenden Kreise ohne weiteres bestimmt werden kann.

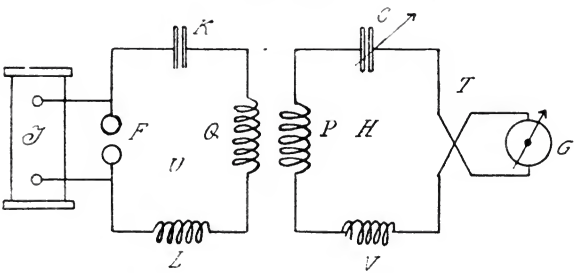
Dämpfungsmesser System »Telefunken«.

Der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie ist ein Verfahren zur Messung der Dämpfung elektrischer Schwingungskreise patentiert worden[1]), bei welchem ein Schwingungskreis (Hilfskreis), dessen Schwingungszahl sowohl durch Veränderung der Kapazität als auch der Selbstinduktion geändert werden kann, zunächst bei einer bestimmten Einstellung der einen variablen Größe durch Veränderung der anderen Größe auf den zu untersuchenden Kreis durch Herbeiführung eines Maximalausschlages an einem direkt oder indirekt von dem Schwingungskreise beeinflußten Energieanzeiger

[1]) D. R.-P. Nr. 176.840.

abgestimmt wird; worauf dann dieser Schwingungskreis durch Verändern der zweiten variablen Größe zu dem zu untersuchenden Kreise um einen gewissen Betrag verstimmt wird, so daß die aus der hierdurch eintretenden Ausschlagveränderung des Energieanzeigers im Vergleich zu dem Betrag der Verstimmung sich ergebende Dämpfungssumme beider Kreise an einer entsprechend geeichten Skala an der zur Verstimmung des Hilfs-

Abb. 53.



kreises bestimmten variablen Größe oder am Energieanzeiger direkt ablesbar ist.

In der Abb. 53 ist beispielsweise eine Ausführungsform des Verfahrens dargestellt, wobei der Hilfskreis als Resonanzkreis und der untersuchte Kreis als Erregerkreis benützt ist. U ist der untersuchte, H der Hilfskreis. Im untersuchten Kreise U ist J der Induktor, F die Funkenstrecke, K die Kapazität, L die Selbstinduktion und Q sind einige Windungen zur Koppelung mit dem Hilfskreise. Im Hilfskreise H ist C die variable Kapazität, V die variable Selbstinduktion und P sind eine oder mehrere Windungen zur Koppelung mit dem zu untersuchenden Kreise, T ist ein Thermoelement,

G ein zugehöriges Galvanometer. Statt des Thermoelementes kann selbstverständlich auch irgendein anderer Energieanzeiger, z. B. ein Hitzdrahtinstrument, Thermometer, Bolometer usw., verwendet werden.

Dämpfungsmesser von Drude.

Drude[1]) verwendete zur Messung der Dämpfung eines Kondensatorkreises mit Funkenstrecke einen Sekundärkreis, wie er ihn auch zur Periodenmessung angewandt hatte.[2]) Derselbe besteht aus einem schmalen Rechtecke (Abb. 54) von variabler Länge ($a = 50$ bis 150 cm), dessen eine Schmalseite ($b = 3\,cm$) einen Plattenkondensator C_2 enthält. Zu dem Zwecke sind in die Längsseiten $a\,a$ des Rechteckes dicht am Ende $e\,e$ zwei Löcher (1 mm weit) gebohrt, in welche zwei kurze, gerade Drähte passen, die den Kondensator C_2 tragen. C_2 kann also bequem ausgewechselt werden. Die andere Schmalseite des Rechteckes enthält ein Thermoelement T aus 0·05 mm feinem, $^1/_2$—1 cm langem Kupfer- (oder Eisen-) beziehungsweise Konstantan-Draht. Die Enden des thermoelektrischen Kreuzes führen zu einem (nur mäßig empfindlichen) d'Arsonval-Galvanometer von 150 Ohm innerem Widerstande. Um die Länge a des Rechteckes und damit die Eigenperiode stetig verändern zu können, bestehen die Längsseiten teilweise aus 4 mm dicken, 50 cm langen Messingröhrchen $R\,R$, in die sich 3 mm dicke Kupferdrähte $D\,D$ einschieben, die an ihrem einen Ende durch das Thermoelement T verbunden sind. Durch drei Ebonitstücke $E\,E\,E$ (Abb. 54) wird die Sekundärleitung be-

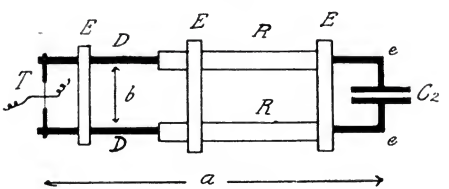
[1]) P. Drude, Dämpfung von Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke. Ann. der Phys. 15, pag. 709, 1904.

[2]) P. Drude, Ann. der Phys. 3, pag. 611, 1902. Siehe S. 131.

festigt. An dem bei T befindlichen Ebonitstücke E befindet sich ein Index, der, über einem Maßstabe laufend, die Länge a anzeigt.

Dieser Sekundärkreis wird von dem Kondensatorkreis, dessen Dämpfung γ gemessen werden soll, induktiv (mit schwacher magnetischer Koppelung) erregt und seine Eigenperiode durch Veränderung der Länge a meßbar verändert. Die graphische Darstellung der Ab-

Abb. 54.



hängigkeit der Stärke dieser Erregung von der Eigenperiode des Sekundärkreises wird als Resonanzkurve bezeichnet. Aus dieser Resonanzkurve erhält man die Summe der beiden logarithmischen Dekremente $\gamma_1 + \gamma_2$ des Primär- und des Sekundärkreises.

Durch Eichung kann man die Ausschläge des Galvanometers in Beziehung setzen zum Integraleffekt

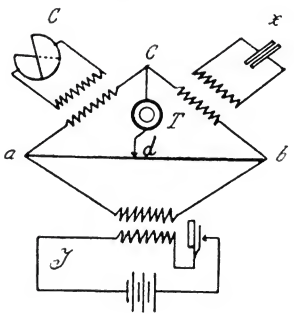
$$J = \int_0^\infty i_2^2 \, d \, . \, t$$

im Sekundärkreis (i_2 Stromstärke in ihm), ferner kann man durch Eichung oder Berechnung die Länge a des Rechteckes in Beziehung zur Selbstinduktion L_2 oder zur Periode T_2 des Sekundärkreises setzen.

Messung von kleinen Kapazitäten.

Zur Messung sehr kleiner Kapazitäten[1]) dient eine Wechselstrombrücke. Sie unterscheidet sich von einer gewöhnlichen Meßbrücke dadurch, daß in zwei benachbarten Zweigen (Abb. 55) $c\,a$ und $c\,b$ nicht wie sonst üblich der Vergleichskondensator, sondern die Primärwindungen zweier Transformatoren eingeschaltet werden, die vollständig gleichartig sein sollen. Sind

Abb. 55.



die Sekundärspulen dieser Transformatoren offen, so verschwindet im Telephon T wegen der Gleichheit des Ohmschen Widerstandes und der Selbstinduktion der beiden Primärspulen jeder Ton, wenn auch die Meßbrücke von den Wechselströmen des Induktors J durchflossen wird. Bedingung ist, daß d auf die Mitte des Meßdrahtes a, b eingestellt ist.

Werden jedoch die Sekundärwindungen der beiden Transformatoren einerseits über den zu messenden Kondensator, anderseits über den Vergleichskonden-

[1]) A. Prasch, Drahtlose Telegraphie. III. S. 194, 1905.

sator geschlossen, so wird ein höherer Ton im Telephon vernehmbar werden. Sind die Sekundärwicklungen der beiden Transformatoren in elektrischer Beziehung vollkommen gleichwertig, so verschwindet der Ton im Telephone sofort, wenn $x = c$ wird.

Zur Messung sehr kleiner Kapazitäten ist es jedoch vorteilhafter die sekundären Wicklungen nicht gleich zu machen, sondern verschiedene Übersetzungsverhältnisse anzuwenden. Ist z. B. die sekundäre Selbstinduktion des rechten Transformators zehnmal so groß als jene des linken Transformators, so verschwindet der Ton erst, wenn die Kapazität $c = 10x$ wird. Hierdurch erhöht sich die Genauigkeit der Messung und lassen sich Kapazitäten bis 100 *cm* scharf bestimmen.

Literatur über Dämpfung elektrischer Schwingungen.

P. Drude, Über die induktive Erregung zweier elektrischer Schwingungskreise mit Anwendung auf Perioden und Dämpfungsmessungen, Tesla-Transformatoren und drahtlose Telegraphie. Ann. der Phys. 13, pag. 512, 1904.

P. Drude, Die Dämpfung von Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke. Ann. der Phys. 15, pag. 709, 1904.

Adolf Heydweiler, Energie, Dauer, dämpfende Wirkung und Widerstand von Kondensatorfunken. Ann. der Phys. 19, pag. 649, 1906.

Th. Noda, Dämpfung eines Kondensatorkreises mit einem Zusatzkreis. Ann. der Phys. 19, pag. 715, 1906.

Georg Rempp, Die Dämpfung von Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke. Ann. der Phys. 17, pag. 627, 1905.

K. Simons, Die Dämpfung elektrischer Schwingungen durch eine Funkenstrecke. Ann. der Phys. 13, pag. 1044, 1904.

M. Wien, Bemerkungen zu der Abhandlung von P. Drude, Über die induktive Erregung zweier elektrischer Schwingungskreise mit Anwendung auf Perioden und Dämpfungsmessungen, Tesla-Transformatoren und drahtlose Telegraphie. Ann. der Phys. 14, pag. 626, 1904.

J. Zenneck, Verfahren, um die Dämpfung elektrischer Schwingungen sichtbar zu machen. Ann. der Phys. 7, pag. 801, 1902.

J. Zenneck, Die Abnahme der Amplitude bei Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke. Ann. der Phys. 13, pag. 822, 1904.

Patente.

D. R.-P. Nr.	
176.840	Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Verfahren zur Messung der Dämpfung elektrischer Schwingungskreise.
179.828	Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Verfahren zur Messung der Dämpfung elektrischer Schwingungskreise mittels eines Vergleichkreises.
182.955	Gesellschaft für drahtlose Telegraphie. Verfahren zur Messung der Dämpfung elektrischer Schwingungskreise mittels eines Meßkreises mit variabler Dämpfung.

III. Betrieb und Unterhaltung.

1. Abstimmung.

Die wichtigste Frage in der drahtlosen Telegraphie, welche bisher auch noch nicht vollkommen gelöst wurde, ist die Abstimmung der Apparate aufeinander. Es bezieht sich dies sowohl auf die Gebe- sowie Empfangsapparate.

Lodge hat im Jahre 1898 zur Durchführung der »abgestimmten« Telegraphie die ersten Anhaltspunkte für die Abstimmung gegeben. Er suchte dies dadurch zu erreichen, daß er den Gebe- sowie den Empfangsapparaten gleiche Abmessungen gab, doch war es ihm nicht gelungen, nennenswerte Ergebnisse zu erzielen. Erst Slaby und Braun gelang es, auf verschiedenen Wegen zu entsprechenden Resultaten zu kommen.

Das Prinzip der Abstimmung ist, daß die von einer Sendestation ausgehenden Schwingungen so bemessen sind, daß sie auf der Empfangsstation nur dann ansprechen, wenn der Empfangskreis dieselbe Periodenzahl wie der Geber hat. Da alle Systeme der drahtlosen Telegraphie auf gleicher Grundlage aufgebaut sind, nämlich auf dem ursprünglich offenen Marconi-Sender oder dem geschlossenen Braunschen Schwingungskreise, so sind auch alle Empfangsanordnungen so ziemlich die gleichen, indem die in dem Luftleiter

erregten Schwingungen entweder direkt oder induktiv auf den den Wellenanzeiger enthaltenden Kreis übertragen werden.

Marconi war der erste, der durch Einführung des unter dem Namen »jigger« bekannten Empfangstransformators einen geschlossenen Empfangsstromkreis und einen offenen den des Luftleiters bildete. Wenn beide Schwingungssysteme auf die gleiche Wellenlänge abgestimmt werden, welche dem zugehörigen Sender zukommt, so werden die vom Sender ausgehenden Schwingungen im Empfangsstromkreise die größte Wirkung hervorrufen. Schwingungen von größerer oder kleinerer Wellenlänge werden den Empfänger nur schwach oder gar nicht erregen.

Da die von einem offenen Sender ausgesandten Schwingungen sehr stark gedämpft sind, so wirken sie wie ein einfacher Impuls und können daher jeden Empfänger zum Ansprechen bringen.

Anders liegen die Verhältnisse bei einem geschlossenen Schwingungskreise. Der geschlossene Schwingungskreis überträgt seine Schwingungen auf den Luftdraht, und es kann die Art der Koppelung des Schwingungskreises mit dem Luftdrahte entweder rein induktiv oder mit der induktiven Koppelung eine galvanische Koppelung verbunden werden. Im letzteren Falle ist die Koppelung eine festere.

Wenn es sich darum handelt, besonders kräftige Wirkungen zu erreichen[1]), d. h. eine größere Reichweite zu erzielen, so wird eine feste Koppelung zwischen Primär- und Sekundärkreis verwendet.

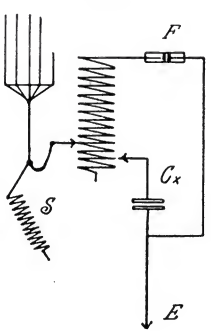
Ist die Koppelung zwischen Primär- und Sekundärkreis des Senders sowie des Empfängers lose, so wird man eine sehr scharfe Abstimmung, jedoch auf Kosten der Reichweite erzielen.

---

[1]) M. Wien, Ann. der Phys. 8, pag. 696, 1902.

Jeder gekoppelte Sender bringt zwei Schwingungen von verschiedener Frequenz und Dämpfung hervor, und auf eine dieser Schwingungen wird der Empfänger abgestimmt. Dr. Seibt[1]) hat ein Verfahren angegeben, nach welchem die Empfangsstation auf die beiden Schwingungen des Senders abgestimmt wird. Er erreicht dies dadurch, daß er in die Erdleitung des Empfängers einen Kondensator einschaltet und die Selbstinduktion der Koppellungsspule größer als die des Senders bemißt, und zwar so groß, daß die Eigenschwingung des Luftleiters mit der des Empfängerkreises übereinstimmt.

Abb. 56.



In der Abb. 56 ist eine Schaltung für Doppelabstimmung dargestellt. Die Spule *S* ist stark verstimmt und dient dazu, atmosphärische Ladungen abzuleiten, die infolge der Einschaltung des Kondensators über den Fritter zur Erde gehen könnten.

Bei der Abgleichung des primären Empfängerkreises auf die festgesetzten Wellenlängen tritt eine Unzuträglichkeit dadurch auf, daß die sekundäre Spule mit der primären fest verbunden ist und infolgedessen den Schwingungsvorgang beeinflußt. An Stelle des nur im Empfangsleiter liegenden Erdkondensators kann man auch ein Gegengewicht benützen.

Duplextelegraphie.

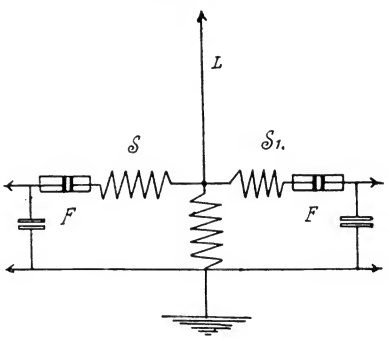
Ist die Abstimmung der Stationen soweit erfolgt, daß die Empfangsstation nur auf die Schwingungen

[1]) D. R.-P. Nr. 172.333.

einer bestimmten Station anspricht, so kann man auch mittels eines Empfangsdrahtes mehrere Telegramme, welche von verschiedenen Stationen zu gleicher Zeit gesandt werden, aufnehmen. Bedingung ist jedoch hierbei, daß die Wellenlängen verschieden sind.

Abb. 57 zeigt eine Anordnung nach Slaby zur Aufnahme von zwei verschiedenen Telegrammen zu gleicher Zeit. Der Luftdraht L ist einerseits mit dem

Abb. 57.

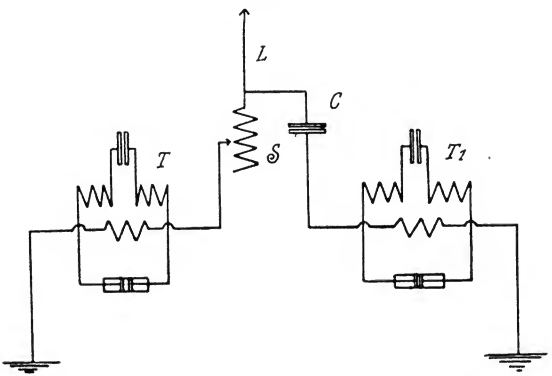


Mittelpunkte der Selbstinduktion S und dem Fritter F und anderseits mit der Selbstinduktion S_1 und dem Fritter F_1 verbunden, sie bilden so zwei Schwingungskreise, von denen jeder durch die Selbstinduktionen S und S_1 auf die Schwingungszahl eingestellt werden muß, die jedem betreffenden Sender zukommt.

Abb. 58 zeigt eine Anordnung zur Aufnahme zweier Telegramme nach Marconi. An den Luftdraht L sind zwei Empfängerkreise T und T_1 unter Einschaltung einer regulierbaren Selbstinduktion und Kapazität angeschlossen. Die von einer Sendestation mit größerer

Wellenlänge aufgegebenen Telegramme werden von dem Empfangskreis T durch Einregulierung der Selbst-

Abb. 58.



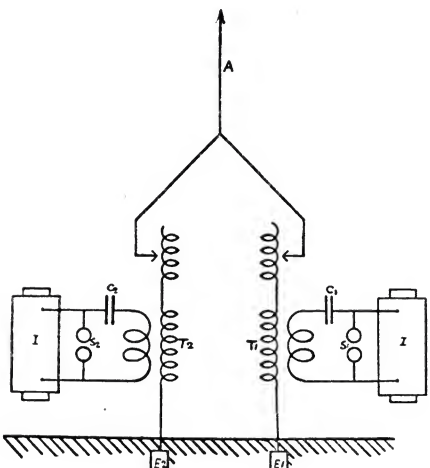
induktion S aufgenommen, während die Schwingungen von kürzerer Wellenlänge durch den Empfangskreis T_1 aufgenommen werden.

Marconi-Sender für abgestimmte drahtlose Duplextelegraphie.

Nachdem Marconi die Möglichkeit gefunden hatte, einen abgestimmten Empfänger herzustellen, der nur auf eine bestimmte Wellenlänge anspricht, konnte er schließlich gleichzeitig zwei verschiedene Telegramme zwischen zwei Stationen befördern, von denen jede nur mit einem Luftleiter ausgerüstet war. Für diesen Zweck dient die Schaltung Abb. 59. Es sind zwei gleichartige Systeme von Wellenerregern induktiv an einen gemein-

samen Luftdraht A angeschlossen. Die Transformatoren T_1 T_2 liegen mit ihren sekundären Windungen einerseits an Erde, anderseits sind sie durch regulierbare Abstimmspulen mit dem Luftleiter A in Verbindung. Die Anordnung gestattet zwei verschiedene Wellen-

Abb. 59.



längen auszusenden, welche in einer entsprechend eingerichteten Empfängerschaltung gleichfalls durch einen gemeinsamen Luftdraht aufgenommen werden. Man kann also mit diesen Schaltungen gleichzeitig von einer Station zwei verschiedene Telegramme absenden. Sie werden auf Schiffen und Küstenstationen verwendet.

2. Wichtige Ergebnisse aus Theorie und Praxis.

Die Untersuchungen von H. Hertz aus 1886 bis 1888 und von Dr. J. Zenneck, welche er in seinem Werke »Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie«, 1905, niedergelegt hat, fanden in der Praxis der drahtlosen Telegraphie vielfache Bestätigung. Die Wellen, welche der Erreger (am Induktor) aussendet, bilden, abgesehen von der Richtung der Erregerachse, in größerer Entfernung Kugelwellen. Es entstehen kreisende Bewegungen, deren Achse in der Verbindungslinie der Funkenstrecke liegt. Die Energiestrahlung ist in großem Abstande vom Erreger umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung, während die Amplitude des elektrischen und magnetischen Feldes in großer Entfernung vom Erreger umgekehrt proportional der Entfernung ist, sie hängt lediglich von der Stromamplitude im Erreger ab, ist aber von der Senderlänge unabhängig.

Bei dem einfachen Marconi-Sender liegt an der Funkenstrecke ein Spannungsknoten und ein Strombauch, während an dem freien Ende des Drahtes ein Stromknoten und ein Spannungsbauch liegt. Bei dieser Schwingungsform ist also die Länge des Luftdrahtes gleich einem Viertel der Wellenlänge der Schwingungen. Ist l die Länge des Senders in Zentimetern und n die Wechselzahl, so beträgt dieselbe bei einem einfachen Marconi-Sender $n = 3 \times 10^{10}\,cm : 2\,l$. —

Die Funkendämpfung macht nur einen geringen Bruchteil der Gesamtdämpfung aus, so lange die Funkenlänge relativ klein ist. Es ist nicht praktisch, große Funkenlängen anzuwenden. — Da die Wellen auf große Entfernungen sich nicht geradlinig fortpflanzen, sondern der Krümmung des Erdkörpers folgen, so ist es zwecklos, Sender und Empfänger auf möglichst hochgelegenen Punkten aufzustellen. Bei 3000 *km* Entfernung beträgt

die Höhe des Kugelabschnittes zufolge der Kugelgestalt der Erde etwa 200 *km*. Es ist jedoch Marconi bereits gelungen, auf eine solche Entfernung Zeichen zu senden. —

Um die Stromamplitude und dadurch auch die Amplitude der Welle zu vergrößern, kann man entweder die Funkenlänge und damit die Spannungsamplitude erhöhen oder die Kapazität pro Längeneinheit durch Vergrößerung des Radius des Luftleiters vermehren. Da beides gewisse Nachteile mit sich bringt, so erhöht man die Kapazität des Luftleiters dadurch, daß an Stelle eines einfachen Drahtes zahlreiche Drähte in größeren Abständen angeordnet werden.

Die schädliche Wirkung des Kurzschlusses durch den Funken im Wellenerreger vermeidet man durch eine richtig bemessene Drosselspule im Primärkreise des Transformators oder durch einen abgestimmten Transformator, den »Resonanzinduktor«. — Der Energieverlust durch die Joulesche und Funkenwärme ist geringfügig, Verlust findet hauptsächlich durch Strahlung statt. — Die Praxis lehrt uns oft am besten, was vorteilhaft ist. Die nachstehenden Abschnitte geben hierfür die wichtigsten Anhaltspunkte.

3. Zusammenarbeiten der Apparate und Stationen.

Für ungestörten Betrieb ist, wie in jedem Telegraphen- und Fernsprechbetriebe, ständige Überwachung der Einrichtungen und richtige Einstellung der einzelnen Apparatteile notwendig. Große Hauptsache bleibt, daß alle Verbindungen sorgfältig metallisch leitend hergestellt und erhalten sind. Dies gilt besonders auch von den Erdverbindungen und den Luftleitern. Für die Erdverbindungen gelten dieselben Rücksichten wie für die Blitzableiter. Auch die Batterien

oder maschinellen Stromerzeuger müssen ständig in betriebsfähigem Zustande erhalten werden, um Störungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Der Betrieb drahtloser Telegraphenstationen erfordert viel Umsicht, Erfahrungen und Energie. Die Stationen liegen oft abseits vom großen Verkehre oder sie befinden sich auf Schiffen, so daß bei eintretenden Störungen fremde Hilfe bei etwa notwendig werdenden Reparaturen nicht immer sogleich und leicht zu beschaffen ist. Die Betriebsbeamten müssen infolgedessen so ausgebildet sein, daß sie sich möglichst allein helfen können. Die Anschaffung der erforderlichen Reserveteile ist jedenfalls unerläßlich.

Die nachstehenden Vorschriften über die Unterhaltung von Apparaten und Stationen bieten nähere Angaben, worauf es hauptsächlich ankommt.

4. Unterhaltung der Apparate.

Um die Anlagen für drahtlose Telegraphie stets betriebssicher zu halten, ist es unbedingt erforderlich, daß alle damit beauftragten Personen die Vorschriften genau innehalten und die Apparate entsprechend behandeln.[1])

1. Es muß darauf geachtet werden, daß von irgendeinem Teile der Hochspannungsleitung kein Funkenübergang in die Starkstromleitung des Gebers stattfindet, da sonst die Isolierung dieser beschädigt wird, beziehungsweise eine Gefährdung des Schaltbrettes oder der Maschine stattfinden kann.

Man pflegt sich dadurch zu schützen, daß man parallel zu den gefährdeten Stellen Glühlampen schaltet, durch welche bei Überspannungen ein Spannungsausgleich stattfindet.

[1]) Nach den Vorschriften der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie.

Durch den Einfluß des Lichtes, der elektrischen Spannungen sowie durch mechanische Beanspruchung kann die Isolation des Luftleiters sich soweit verschlechtern, daß ein Funkenübergang an der Durchführungsstelle oder innerhalb des Apparatraumes zwischen Luftleiter und Erde eintritt. Hierdurch wird die Spannungsamplitude am oberen Ende des Luftleiters verkleinert und damit die Geberintensität geschwächt.

Anderseits kann die Abstimmung bei solchen Isolationsfehlern durch Ausschalten der Abstimmspule verändert werden.

2. Der Morse-Taster. Beim andauernden Gebrauche werden die Platinkontakte des Morse-Tasters abgenützt. Diese Abnützung ist bei Verwendung von Morse-Tastern mit Funkenlöschung gering. Indessen müssen etwaige Spitzen und Unebenheiten an den Kontakten mit einer Schlichtfeile entfernt werden. Der Ersatz der Platinkontakte braucht erst zu erfolgen, wenn das Platin bis an die Messingfassungen weggebrannt ist.

3. Der Quecksilber-Turbinenunterbrecher. Beim Zusammenstellen eines Turbinenunterbrechers ist darauf zu achten, daß die vorgeschriebene Menge Quecksilber und Alkohol verwendet wird. Ist zuviel Quecksilber im Turbinentopf, dann tritt Kurzschluß ein.

Mindestens einmal im Monat, jedoch bei großer Wärme im Apparatraume noch öfter, ist der Unterbrecher auf den Höhestand des Alkohols zu untersuchen. Der fehlende Alkohol ist zu ersetzen und, wenn nötig, eine gründliche Reinigung der Turbine und des Topfes durch Spülen mit Wasser vorzunehmen. Dabei gießt man zweckmäßig den Alkohol soweit als möglich von dem gebildeten Quecksilberschlamm ab.

Der Alkohol kann nach erfolgtem Filtrieren ohne weiteres von neuem benützt werden. Den Quecksilberschlamm wäscht man mit Wasser aus, bis er sich wieder zu flüssigem Metall zusammenballt.

Die Notwendigkeit einer Reinigung ist gegeben, sobald der Unterbrecher unregelmäßig arbeitet. Dieses kann daran liegen, daß die Düse verstopft ist, wie auch daran, daß sich das Quecksilber in Schlamm verwandelt hat.

Es ist zunächst die Düse mit einem feinen Drahte auf Reinheit zu untersuchen. Erweist sich die Düse als rein, so ist das verschlammte Quecksilber der Grund des Fehlers und eine Reinigung desselben erforderlich.

Während des Betriebes ist für ausreichende Schmierung der Turbinenwelle zu sorgen, um ein Festlaufen in ihrem Lager zu verhindern.

Der am Unterbrecher befindliche Motor bedarf so gut wie keiner Wartung und Ölung. Sollte eine solche erforderlich werden, so füllt man die an den Lagern befindlichen Schmiergefäße mit dickem Zylinderöl.

Intensitätsregulierung.

Bei zu starker Intensität, d. h. bei zu geringer Entfernung der miteinander verkehrenden Stationen, werden die Empfänger gefährdet.

Man muß daher sowohl auf der Gebe- wie Empfangsstation Schwächungen vornehmen. Beim Geber dadurch, daß man die Funkenstrecke verkleinert.

Beim Empfänger gibt es drei Möglichkeiten der Intensitätsschwächungen.

1. Eine Regulierung durch den Fritter. Bei Keilspaltfrittern dadurch, daß man den Fritter mit der größten Öffnung nach unten einsetzt. Bei regulierbaren

Frittern dadurch, daß man den Kolbenabstand vergrößert.

2. Durch Änderung des Koppelungsgrades der Transformatoren: Man verringert die Intensität, wenn man die Primärspule des Empfangstransformators nach oben bewegt, so daß die Sekundärspule nur wenig oder gar nicht umschlossen wird.

3. Bei sehr großer Intensität schwächt man durch Nichtanlegen des Luftdrahtes an den Geber oder an den Empfänger.

Der Empfangsapparat.

Die Spannung des Fritterelementes darf nicht weniger wie 1·4 Volt, die Spannung für Klopfer und Morse-Schreiber nicht unter 5 Volt betragen.

Einstellung des Relais.

Gewöhnlich genügt zur Einstellung des Relais die Regulierung durch Gewinde oder Konusschraube. Um sich zu überführen, ob das Relais arbeitet, verbindet man vermittels eines Drahtes die beiden Fritterklemmen und schließt hierdurch den Fritterstromkreis. Dann dreht man die Einstellungsschraube des Relais so lange, bis der Klopfer kräftig zu arbeiten anfängt, dann dreht man die Schraube soweit zurück, bis das Arbeiten des Klopfers aufhört. In dieser Relaisstellung wird durch Zwischenschaltung von Ohmschem Widerstande zwischen den beiden Fritterklemmen die Empfindlichkeit des Relais gemessen. Das Relais soll bei einem vorgeschalteten Widerstande von 100.000 Ohm noch ansprechen. Ist dieses durch Drehen der Regulierschraube nicht zu erreichen, so versucht man eine vorsichtige Verstellung der rechten Kontaktschraube des Relais um eine Achtelumdrehung nach

rechts oder links. Hiernach versucht man aufs neue eine Einstellung durch die Regulierschraube. Ist das Relais dann noch nicht regulierbar, so müssen die Polschuhe entfernt werden, und zwar erst der rechte und dann der linke Polschuh. Sodann stellt man den rechten Kontakt so dicht an die Relaiszunge, daß beinahe eine Berührung erfolgt. Dann setze man den linken Polschuh zuerst wieder auf und nähere ihn auf zirka 4 *mm* der Relaiszunge, hiernach setze man den rechten Polschuh auf und nähere ihn solange der Relaiszunge, bis eine Anziehung erfolgt und die Relaiszunge an den Arbeitskontakt angedrückt wird und der Klopfer zu arbeiten beginnt. Man schiebt dann den Polschuh um ein Geringes zurück, so daß der Klopferstrom unterbrochen ist. Die feinere Einstellung erfolgt dann wiederum durch die Regulierschraube.

Der Klopfer.

Die Einstellung des Klopfers erfolgt durch Einstellung der Unterbrechungsschraube. Der Klöppel des Klopfers darf den Fritter im Ruhestande nicht berühren. Es genügt ein leichter Schlag, um den Fritter exakt auszulösen. Es ist darauf zu achten, daß die Kontakte an der Unterbrechungsstelle stets blank sind und keine Funken auftreten. Treten Funken auf, so sind eventuell die Polarisationszellen, welche parallel zum Klopfer und Morse-Schreiber liegen, zu erneuern.

Regulierung des Morse-Schreibers.

Der Anker des Morse-Schreibers wird auf zirka 1 *mm* Hub eingestellt und durch Druck mit dem Finger auf den Anker festgestellt, daß das Schreibrädchen einen Strich von passender Stärke macht, wobei der Gegendruck durch die untere Anschlagschraube auf-

genommen wird, so daß das Farbrädchen nicht tief in das Papier eindrückt. Dann werden durch Schließung des Fritterstromkreises in bekannter Weise Striche und Punkte gemacht und die richtige Wiedergabe durch den Morse-Schreiber kontrolliert. Die Veränderungen am Morse-Schreiber erstrecken sich dann nur noch auf die passende Einstellung der den Anker hochhaltenden Federspannung.

Einstellung des Fritterkreises.

Man erregt den Fritter durch eine in seine Nähe gebrachte Lockklingel. Die an der Unterbrechungsstelle der Lockklingel entstehenden Funken bewirken alsdann die Erregung des Fritters. Wenn der Klopfer unexakt arbeitet, obgleich der Hammer regelmäßig gegen den Fritter schlägt, so kann die Ursache entweder an irgendeiner Funkenbildung an den Kontaktstellen des Relais oder Klopfers oder an der Unexaktheit des Fritters liegen.

Der Anschlag des Klopferhebels gegen den Fritter ist dann gut, wenn eine ganz leise Bewegung des Fritterpulvers wahrnehmbar ist. Da vor den Klopfer stets noch ein Ohmscher Widerstand geschaltet ist, so ist die Anziehung des Klopfermagneten und ebenso der Schlag gegen den Fritter schwach. Der Morse-Anker muß während des Striches angezogen bleiben und darf nicht vibrieren. Falls ein Vibrieren des Morse-Ankers noch bemerkbar ist, muß die Zugfeder des Morse-Schreibers nachgelassen werden.

Einstellung der Hörapparate. Hörempfänger mit elektrolytischem Detektor nach Schlömilch.

Der Apparat besteht aus dem Detektor, dem Telephone und einer Stromquelle. Alle diese Apparate

sind zu einem Stromkreise in Reihe geschaltet. Da die Spannung der Stromquelle regulierbar sein muß, liegt parallel zur Stromquelle ein regulierbarer Ohmscher Widerstand, von welchem ein fester und ein verschiebbarer Abzweig zur Zelle beziehungsweise zum Telephone führt.

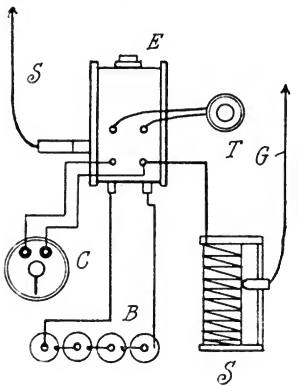
Einstellung des Apparates.

Nach Anschluß des Telephons und Einsetzen des Detektors vermehrt man die Spannung mittels des Gleitkontaktes so lange, bis sich in dem Telephone ein leichtes Rauschen bemerkbar macht. Geht man dann mit dem Schieber um einen kleinen Betrag zurück, so verschwindet das Rauschen wieder und der Detektor hat das Maximum seiner Empfindlichkeit erreicht. Man überzeugt sich jetzt von dem guten Ansprechen der Zelle vermittels eines Fritterprüfers, den man zu diesem Zwecke durch einen Draht mit dem Stöpselanschluß des Hebelausschalters verbindet.

Die zweckmäßige Einschaltung des Detektors in den Hochfrequenz-Empfangs-Schwingungskreis zeigt die Abb. 60. Der Apparat wird auf den Luftleiter durch einige Windungen Selbstinduktion der Spule S und durch den variablen Kondensator C so lange abgestimmt, bis sich im Telephon ein Maximum der Lautstärke ergeben hat. Die Größe des Kondensators C, welcher parallel zum Detektor liegt, sowie der Wert der Selbstinduktion richtet sich nach der jeweiligen Wellenlänge der Station sowie den elektrischen Eigenschaften des Empfangsdrahtes, und lassen sich dessen vorteilhafteste Bemessung in kürzester Zeit auffinden. Ist die Empfangsintensität sehr gering, so kann man nach erfolgter Abstimmung in der Regel noch dadurch eine Verbesserung der telephonischen Wiedergabe erzielen, daß man

durch geringes Verschieben des Gleitkontaktes eine eventuell noch feinere Spannungsabstufung herstellt.

Abb. 60.



Den Verkehr der Ämter untereinander regeln nachstehende Verordnungen und Gesetze.

5. Internationale Verkehrsbestimmungen.

1. Allgemeines.[1])

In dieser Vorschrift bezeichnet: »Schiffsstation« eine Funkentelegraphenstation auf einem der Seeschifffahrt dienenden Schiffe.

»Küstenstation« eine feste Funkentelegraphenstation auf dem Festlande, auf einer Insel oder auf einem dauernd verankerten Schiffe, deren Wirkungskreis sich auf das Meer erstreckt.

[1]) Dr. Eugen Nesper, Die drahtlose Telegraphie. 1905.

»Funkentelegramm« das mittels Funkentelegraphen übermittelte Seetelegramm.

Auf den Verkehr mit Funkentelegraphie finden die im internationalen Telegraphenvertrage nebst Ausführungsübereinkunft (Londoner Revision, 1903) und in der Telegraphenordnung für das Deutsche Reich enthaltenen Bestimmungen über Seetelegramme Anwendung, soweit diese Vorschrift keine Ausnahmen festsetzt.

Die Auswechslung der Funkentelegramme mit dem Reichstelegraphennetze regelt sich nach den für die Seetelegramme erlassenen Bestimmungen.

Der Text der Funkentelegramme kann in jeder der in der Londoner Ausführungsübereinkunft zum internationalen Telegraphenvertrage zugelassenen Sprachen abgefaßt werden. In zweifelhaften Fällen liegt die Entscheidung bei der Reichstelegraphenanstalt, an welche die Funkentelegramme zur Weiterbeförderung abgegeben werden.

2. Bereich der Vorschrift.

Die Vorschrift regelt den funkentelegraphischen Verkehr zwischen den deutschen »öffentlichen Küstenstationen« und allen mit ihnen in Verkehr tretenden Funkenstationen. Die Stationen auf Feuerschiffen verkehren in der Regel nur mit einer bestimmten Küstenstation und befördern:

1. Telegramme (dienstliche und private), die von ihrer Besatzung ausgehen oder an sie gerichtet sind.

2. Telegramme, die ihnen etwa von Schiffen auf anderem als funkentelegraphischem Wege zur Weiterbeförderung zugehen.

Mit Schiffen in See dürfen diese Stationen funkentelegraphisch nur in Fällen der Not verkehren.

Die Küstenstationen welche nicht »öffentliche Küstenstationen« sind (d. h. alle, die nicht unter 5 *a*

genannt sind), haben im Verkehr mit diesen nach den für Schiffsstationen geltenden Bestimmungen dieser Vorschrift zu verfahren.

Die Vorschrift gilt ferner für den funkentelegraphischen Verkehr der unter deutscher Flagge fahrenden Schiffe unter sich.

3. Dienstbereitschaft der Küstenstationen.

Jede öffentliche Küstenstation oder Reichsmarineverwaltung ist zu jeder Tages- und Nachtzeit betriebsbereit, sofern dieselbe nicht von der vorgesetzten Behörde aus Betriebsrücksichten oder zu Manöver- oder zu Versuchszwecken gesperrt wird.

Die öffentlichen Küstenstationen haben die Wellenlänge von 365 *m*, die Reichweite, auf eine gleiche Station bezogen, von 200 *km*, auf ein Schiff mit 30 *m* hohem Maste bezogen, von 120 *km* (bei normaler Witterung).

4. Verfahren.

a) Beförderungszeichen.

Zur Anwendung kommen die bekannten Morse-Zeichen, denen folgende Signale hinzugefügt sind:

▬ ▬ ▬ ▬ ▬ ▬ Ruhezeichen, darf nur von öffentlichen Küstenstationen gegeben werden.

■ ■ ■ ▬ ▬ ▬ ■ ■ ■ Notzeichen, wird von einem Schiffe in Not so lange wiederholt, bis alle anderen Stationen ihren Verkehr abgebrochen haben.

■ ■ ■ ▬ ▬ ▬ ■ Suchzeichen, darf von Schiffen auf hoher See wiederholt mit ihrem eigenen Namen, die dem Zeichen folgen müssen, gegeben werden, es ist zu beantworten durch »hier« mit nachfolgendem Namen.

b) Reihenfolge der Beförderung.

Die Funkentelegramme werden in nachstehender Reihenfolge befördert: Staatstelegramme, Diensttelegramme, dringende Privattelegramme, nicht dringende Privattelegramme.

Die Funkentelegramme der Schiffe in Seenot haben den Vorrang vor jedem der genannten Funkentelegramme und sind mit Unterbrechung jeder anderen etwa bestehenden Verbindung zu befördern. In diesem Falle hat das hilfesuchende Schiff das Notzeichen andauernd zu geben, bis der Verkehr der anderen Stationen aufgehört hat. Folgt dem Notzeichen kein Anrufzeichen für eine bestimmte Station, so hat sich jede Station, welche dasselbe vernimmt, zu melden.

c) Anruf.

Den öffentlichen Küstenstationen liegt die Leitung des funkentelegraphischen Verkehres mit den Schiffsstationen innerhalb ihrer Höchstreichweite ob. Ihren Anordnungen ist von den Schiffsstationen und den Küstenstationen mit beschränktem öffentlichem Verkehr (vgl. 5 *b*) unbedingt Folge zu leisten.

Die öffentliche Küstenstation bestimmt die Reihenfolge des Verkehres nach folgenden Gesichtspunkten.

Vorzugsweise Behandlung erfährt dasjenige Schiff, welches nach seiner Lage, Fahrtrichtung und Geschwindigkeit die Zone der gegenseitigen Verständigung zuerst verläßt.

Eine Schiffsstation darf sich nur an die nächste öffentliche Küstenstation wenden, ausgenommen in dem Falle, daß sich eine Verständigung mit dieser wegen Betriebsschwierigkeiten nicht herstellen läßt.

Eine Schiffsstation darf nicht früher anrufen, als bis sie in die sichere Reichweite der Küstenstation

gelangt ist, diese ist etwa gleich drei Viertel der höchsten Reichweite der Küstenstation, bezogen auf die Schiffsstation.

Jede Schiffsstation verwendet von den ihr zur Verfügung stehenden Wellenlängen beim Anrufe diejenige, die der Wellenlänge der Küstenstation am nächsten liegt.

Jede Station muß, bevor sie ihre Anrufe beginnt, durch ihren Hörapparat oder, wenn sie keinen besitzt, durch Einstellung ihres Empfangsapparates auf höchste Empfindlichkeit feststellen, ob schon ein anderer Verkehr im Gange ist. Ist dies der Fall, so muß sie so lange mit dem Anruf warten, bis jener beendet ist.

Alle Stationen dürfen den gegenseitigen Verkehr nur mit geringster Intensität des Gebers abwickeln.

Auf das Ruhezeichen der öffentlichen Küstenstation muß eine Schiffsstation sofort mit dem Geben aufhören und darf erst wieder fortfahren, wenn sie zum Geben aufgefordert wird.

Das Ruhezeichen darf nur von den Küstenstationen gegeben werden.

Wird der Anruf der Schiffsstation von der Küstenstation nicht beantwortet, so darf sie ihren Anruf noch dreimal in Pausen, die nicht kürzer als fünf Minuten sind, wiederholen.

Wird auch der vierte Anruf nicht beantwortet, so darf die Schiffsstation erst in einer Pause von einer Stunde von neuem beginnen, die Küstenstation anzurufen.

Ist auch dies ohne Erfolg, so darf das Verfahren, wie beschrieben, fortgesetzt werden.

Sucht eine Schiffsstation auf hoher See Verbindung mit einer anderen, so gibt sie das Suchzeichen wiederholt mit ihrem Namen, welcher dem Zeichen folgen muß.

Es ist gegebenenfalls durch »hier« mit folgendem Namen zu beantworten.

d) Beförderung.

Die Adresse der Telegramme nach Schiffen in See muß die genaue Bezeichnung des Empfängers, der Küstenstation, die die Telegramme vermitteln soll, den Namen des Schiffes oder seine amtliche Nummer und die Nationalität des Schiffes enthalten.

Im Kopfe der von Schiffen in See herrührenden Telegramme erscheint als Aufgabeanstalt die vermittelnde Küstenstation. Dahinter wird der Name des Schiffes hinzugefügt.

Die Übermittlung der für Schiffe bestimmten Funkentelegramme findet nur statt, wenn das Schiff die Küstenstation beim Passieren anruft und so lange es sich noch in ihrer Reichweite befindet.

Wenn das Schiff, für welches ein Funkentelegramm bestimmt ist, innerhalb der vom Auftraggeber bezeichneten Frist oder beim Fehlen einer solchen Angabe am Morgen des 29. Tages sich nicht bei der Küstenstation gemeldet hat, gibt die Küstenstation dem Auftraggeber Nachricht. Der Aufgeber hat die Befugnis, durch gebührenpflichtiges Diensttelegramm oder brieflich zu verlangen, daß die Küstenstation sein Telegramm während eines weiteren Zeitraumes von 30 Tagen zur Zustellung bereit halte usf. In Ermangelung eines solchen Verlangens wird das Telegramm am 30. (Tag der Aufgabe nicht mitgerechnet) als unbestellt zurückgelegt.

Für Funkentelegramme ist außer der gewöhnlichen Telegrammgebühr ein Seezuschlag von 80 Pfennig zu entrichten. Diese Gebühren werden stets von dem Aufgeber beziehungsweise Empfänger des Telegrammes am Land erhoben.

Soweit zurzeit die Gebührenfrage in einzelnen Fällen anders geregelt ist, bleibt es bis weiteres dabei.

e) Aufnahme und Empfangsbestätigung.

Unter Beobachtung der unter 4 *c* ausgesprochenen Vorschriften beginnt ein Schiff den funkentelegraphischen Verkehr mit dem Anfangszeichen, dreimaligen Anruf der Küstenstation, darauffolgendem »v« und eigenem Rufzeichen oder, falls solches nicht festgesetzt ist, mit dem Namen.

Die Küstenstation antwortet, indem sie nacheinander das Anfangszeichen, das Rufzeichen der rufenden Station, »v«, ihr eigenes Rufzeichen und ▬ ▪ ▬ als Aufforderung zum Geben oder das Wartezeichen (▪ ▬ ▬ ▪ ▪ ▪) gibt, in letzterem Falle ist die Minutenzahl der voraussichtlichen Wartezeit und, wenn diese 10 Minuten übersteigt, auch der Grund der verzögerten Annahme hinzuzufügen.

Hat die Küstenstation das Wartezeichen gegeben, so muß das Schiff weiteren Anruf abwarten.

Darauf beginnt das Schiff sein Telegramm. Der Kopf des Telegrammes hat die Charakterbezeichnung des Telegrammes (s, ss, a, d, das heißt Staatstelegramm, gebührenfreies Staatstelegramm, Diensttelegramm, dringendes Privattelegramm) zu enthalten. Dann folgt der Name der Bestimmungsanstalt (Ort, wohin das Telegramm gerichtet ist), »v« oder »d«, der Name des Schiffes, die Aufgabenummer, falls das Telegramm nach dem Auslande gerichtet ist, die Wortzahl und die Aufgabezeit des Telegrammes. Diese ist mit drei Zahlen (Tag des Monats, Stunde, Minute) anzugeben.

Nach diesem Kopfe werden nacheinander die besonderen Vermerke, die Aufschrift, der Text und die Unterschrift des Telegrammes übermittelt.

5. Anrufzeichen der deutschen Küstenstationen und der deutschen Handelsschiffe.

a) Die öffentlichen Küstenstationen.

1. Rixhöft	k	r x
2. Arcona	k	a r
3. Marienleuchte	k	m r
4. Bülk	k	b k
5. Helgoland	k	h g
6. Cuxhaven	k	c x
7. Borkum Leuchtschiff	k	b m
8. Borkumriff Feuerschiff	f	b r
9. Norddeich	k	n d

b) Küstenstationen mit beschränktem öffentlichem Verkehr.

1. Bremerhafen Lloydhalle	k	b h
2. Weser Feuerschiff	f	w f
3. Elbe 1 Feuerschiff	f	e f

c) Handelsdampfer.

1. Kaiser Wilhelm der Große (Ndd. Lloyd)	d	k w
2. Kronprinz Wilhelm (Ndd. Lloyd)	d	k p
3. Kaiser Wilhelm II. (Ndd. Lloyd)	d	k m
4. Deutschland (H. A. P. A. G.)	d	d l
5. Moltke (H. A. P. A. G.)	d	d m
6. Blücher (H. A. P. A. G.)	d	d b
7. König Albert (H. A. P. A. G.)	d	k a
8. Meteor (H. A. P. A G.)	d	m r
9. Cap Ortegal (H. S. A. L.)	d	c o
10. Cap Blanco (H. S. A. L.)	d	c b
11. Prinz Adalbert (Kiel-Korsör-Linie)	d	p a
12. Prinz Sigismund (Kiel-Korsör-Linie)	d	p s
13. Prinz Waldemar (Kiel-Korsör-Linie)	d	p w

Schiffe, für welche keine Anrufzeichen für den Verkehr mit deutschen Küstenstationen festgesetzt sind, haben sich mit ihrem Namen zu melden, der dann bei der Beförderung an Stelle des Anrufzeichens gebraucht wird.

Anrufzeichen für Funkentelegraphenstationen werden von der Behörde festgesetzt, welche die Erlaubnis zur Errichtung von Funkentelegraphenstationen erteilt.

Andere Länder haben schon verhältnismäßig frühzeitig regulativ die Entwicklung und Ausbeutung der drahtlosen Telegraphie überwacht und geleitet. Es sind das im wesentlichen Frankreich, England und Italien; also dieselben Staaten, welche die Starkstromtechnik seit geraumer Zeit gesetzlich geregelt haben.

In Frankreich veröffentlichte am 9. Februar 1903 der Präsident ein Dekret, welches die Auswertung der Funkentelegraphie regelt. Im ersten Teile dieses Erlasses wird das Verwendungsgebiet der drahtlosen Telegraphie gekennzeichnet, ferner von Fahrzeugen mit dem festen Lande, von Inseln mit dem Kontinent und schließlich der Ersatz von Landkabelleitungen, welche durch Defekt außer Betrieb gesetzt sind. In der zweiten Hälfte des Dekretes wird die Anlage einer Zentralstelle verlangt, welche Prüfung und Entscheidung über eventuelle Neuanlagen vornimmt. Die geeignetste Behörde zur Überwachung aller dieser Verhältnisse ist die Post- und Telegraphenverwaltung, da sie allein alle internationalen Verbindungen vorbereiten und herstellen kann. Die Ausführung dieses Dekretes, welches Gesetzeskraft besitzt, ist dem Handelsminister übertragen und wurde im »Journal officiel« und »Bulletin des lois« veröffentlicht.

Ein Zusatz zu diesem Dekret folgte am 27. Februar 1904. Er besagt im wesentlichen, daß eine Vereinigung zwischen Marineverwaltung und Post- und

Telegraphenverwaltung bezüglich der Anlagepunkte sowie die Übernahme sämtlicher Küstenstationen durch die Marineverwaltung im Falle der Mobilmachung stattfinden soll Die wesentlichen Punkte dieses Erlasses lauten, wie folgt:

Die Wahl des Platzes für die an den Küsten zu errichtenden Stationen für drahtlose Telegraphie erfolgt in jedem Falle im Einverständnis zwischen der Post- und Telegraphenverwaltung und der Marineverwaltung.

Im Falle der Mobilmachung werden alle an der Küste errichteten Stationen für drahtlose Telegraphie, die der Post- und Telegraphenverwaltung gehören, ebenso die Küstenstationen, die Privatpersonen konzessioniert sind, bezüglich des Betriebes der Marineverwaltung unterstellt.

Schließlich ist noch die Höhe des Wortpreises auf 75 Centimes provisorisch für den Verkehr mit den Stationen Quessant und Porquelles festgesetzt. Privattelegramme können mit den vom Minister bezeichneten Stationen gewechselt werden. Bemerkenswert ist die Bestimmung, daß diejenigen Telegramme, welche von Schiffen in Not abgesandt werden, vor jedem Telegramm unbedingten Vorzug haben.

Ähnlich wie in Frankreich sind die Bestimmungen in England und in den englischen Kolonien festgelegt. Hier verdienen die gesetzlichen Maßnahmen ein um so höheres Interesse, weil bekanntlich England ganz besonders Lust gezeigt hat, aus der drahtlosen Telegraphie ein Monopol zu schaffen. Im vereinigten Königreich muß zur Errichtung einer Station für drahtlose Telegraphie eine besondere behördliche Konzession eingeholt werden, für deren Entscheidung der Postmeister zuständig ist. Außerdem ist noch die Erlaubnis der obersten Militär- und Marinebehörde und des Handelsamtes nachzusuchen, aber nicht nur der regelrechte, gewerbsmäßige Depeschenverkehr unterliegt den

vorstehenden Bestimmungen, sondern auch der zu wissenschaftlichen Untersuchungen. Allerdings sollten die zu reinen Versuchszwecken hergestellten Anlagen tunlichst immer konzessioniert werden.

Die Notwendigkeit einer gesetzlichen Regulierung war in England wegen der geographischen Lage des Inselreiches in stärkerem Maße gegeben als in anderen Ländern. Die Hauptgefahr bildet hier wie auch sonst eventueller Mißbrauch der drahtlosen Telegraphie im Kriegsfalle. Der Generalpostmeister Lord Stanley sagt in seinem Gesetzentwurfe etwa folgendes:

»Die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie während der jüngsten Vergangenheit und ihre voraussichtliche Weiterentwicklung und ausgedehnte Verwendung in der nächsten Zukunft ließen im Interesse der Landesverteidigung hier ein Eingreifen der Gesetzgebung für geboten erscheinen. In einem zukünftigen Kriege, besonders im Seekriege, wird die drahtlose Telegraphie ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, und es ist deshalb erforderlich, daß darüber von der Regierung eine Kontrolle ausgeübt wird.«

Außer dem schon oben Mitgeteilten ist in dem angezogenen Gesetze noch folgender Passus von internationaler Bedeutung: »So lange sich fremde Schiffe in den britischen Territorialgewässern aufhalten, dürfen auf ihnen Apparate für drahtlose Telegraphie nur der vom Generalpostmeister erlassenen Bestimmung entsprechend betrieben werden. Im übrigen haben die Bestimmungen des gegenwärtigen Gesetzes für funkentelegraphische Einrichtung auf fremden Schiffen keine Geltung. Für Zuwiderhandlungen können neben der Beschlagnahme der Apparate Geldstrafen bis zu 10 £ festgesetzt werden.«

Ferner wird darauf hingewiesen, daß in einer Vereinbarung mit anderen Mächten ein indirektes Kontrollmittel besteht. Darauf wird aber ganz mit Recht

die Unsicherheit eines derartigen Übereinkommens, namentlich in Fällen gespannter auswärtiger Beziehungen, besonders betont. Schließlich werden Lizenzen erteilt je nach der Art des Betriebes: »Geschäftliche Anlagen, Anlagen zu experimentellen Zwecken, Privatanlagen.« Für jede Landstation sind 20 Mark, für jede Schiffsstation 5 Mark Steuer zu entrichten.

Früher als im britischen Königreiche hat in den Kolonien die gesetzliche Regelung der drahtlosen Telegraphie stattgefunden. Eine Tatsache, die wegen des großen Einflusses Englands auf den Weltverkehr von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Daher sind nachstehend die Bestimmungen einiger wichtiger Kolonien wiedergegeben (»Electrician« vom 23. Oktober 1903):

Bahama-Inseln: Mitteilungen von Botschaften mit Hilfe der drahtlosen Telegraphie ohne vorherige Erlaubnis des Kolonialsekretärs sind unzulässig. Ebenso ist die Herstellung, Einrichtung und Inbetriebhaltung von Apparaten und Installationen der drahtlosen Telegraphie ohne staatliche Erlaubnis nicht gestattet.

Kap der guten Hoffnung: Gesetz vom 14. November 1902 mit dem Titel: »The Electric Telegraph Amendment 1902«. Dasselbe sagt aus, daß alle die drahtlose Telegraphie betreffenden Vorrichtungen etc. unter das alte Telegraphengesetz von 1861 fallen. Konzessionen werden höchstens auf die Dauer von sieben Jahren erteilt.

Die Regierung allein hat die Befugnis und Kontrolle für Stationen der drahtlosen Telegraphie in Gambia (Dekret vom 19. Februar 1903), Goldküste (Verordnung vom 22. September 1903), Hongkong (Dekret von 1903), Jamaika (Gesetz vom 12. März 1903), Lagos (Verordnung vom 28. August 1903), Malta (Verordnung vom 30. Juni 1903), Seychellen (Dekret vom 2. Mai 1903).

Alle übrigen bisher nicht genannten Länder haben entweder gesetzliche Bestimmungen für drahtlose Telegraphie nicht erlassen oder die betreffenden Dekrete stimmen in ihrem Inhalte so weit mit dem oben Angeführten überein, daß von einer Wiedergabe in vorliegendem Falle abgesehen werden kann.

IV. Besondere Einrichtungen.

1. Störung von Nachbarbetrieben.

Um benachbarten Stationen den Empfang ihrer Telegramme zu erschweren, sucht man zunächst die Wellenlänge, mit welcher die andere Station arbeitet, zu ermitteln, und zwar mit Hilfe eines Hörempfängers. Man stimmt dann den eigenen Luftdraht durch Einschaltung von Selbstinduktion oder Einschaltung einer Kapazität auf die ungefähre gleiche Wellenlänge ein und sendet dann vermittels der einfachen Marconi-Schaltung möglichst kräftige und langandauernde Zeichen aus. Die Zeichen werden auf der Empfangsstation die von der anderen Station ausgesandten Schwingungen übertönen beziehungsweise vernichten.

2. Abfangen von Telegrammen.

Für das Abfangen von Telegrammen benachbarter Stationen gibt es verschiedene Mittel. Das einfachste Mittel ist, die Aufnahme der Zeichen im Hörempfänger dadurch zu ermöglichen, daß man entweder den Luftdraht durch Einschaltung einer Kapazität verkürzt oder durch eine Selbstinduktion verlängert beziehungsweise durch Veränderung beider den Luftdraht auf dieselbe Wellenlänge abstimmt. Man kann auch in der Weise vorgehen, daß man einen Wellenmesser durch den Luftdraht induktiv erregt und damit die Wellenlänge gleichzeitig in Metern bestimmt. An Stelle des Bolometers beziehungsweise Lufthermometers wird ein Hörempfänger mit dem Wellenmesser verbunden.

3. Vorkehrungen gegen unbefugtes Abfangen von Telegrammen.

Man kann dies in zweierlei verschiedener Weise erreichen, und zwar auf elektrischem und mechanischem Wege. Man sendet Schwingungen gewisser Länge konstant aus und bringt an der Taste eine Vorrichtung an, durch welche die Selbstinduktion oder die Kapazität des Senderkreises beim Telegraphieren plötzlich auf eine gewisse Wellenlänge gebracht wird, auf welche die Empfangsstation abgestimmt ist. Es ist dann für einen Unbeteiligten sehr schwer, seinen Empfangsapparat auf die richtige Wellenlänge abzustimmen. Askuli verwendet für diesen Zweck einen Kupferzylinder (massiv), welcher die Selbstinduktion bei plötzlichem Einsenken in den Luftdraht verändert, wodurch gleichfalls die Wellenlänge verändert wird.

Ein anderes Verfahren verwendet Bull, indem er Gruppen von Impulsen in bestimmter Anzahl und in bestimmten Zeitabständen aufeinanderfolgen läßt, so daß die Zeitabstände verschiedene Werte erhalten. Auf diese Weise bildet man eine große Anzahl von Impulsgruppen, die zur Zeichenübermittlung dienen können.

Ein weiteres Mittel, das Abfangen von Telegrammen zu erschweren, bietet die gerichtete Telegraphie.

4. Gerichtete Telegraphie.

Blochmann.

Die Einrichtungen nach Blochmann[1]) bestehen aus einem Sende- und Empfangsapparate, welche je

[1]) Blochmann, E.-T. Z. 22, S. 80, 1901. Richtfähigkeit elektrischer Wellen. — Blochmann-Bichel, D. R.-P. Nr. 143.253. Einrichtung für gerichtete Telegraphie.

in einen Metallkasten eingeschlossen sind. In den Metallkasten des Sendeapparates sind die zum Geben erforderlichen Apparate, wie Induktor, Unterbrecher, Taste und Oszillator, eingebaut. Der Oszillator ist außerdem von einem nach vorn offenen, sonst aber geschlossenen Gehäuse umgeben. An das Gehäuse anschließend ist, von der vorderen Öffnung ausgehend, ein Metallrohr angebracht, in dessen Öffnung eine Linse aus Harz, Glas oder Paraffin eingesetzt ist. Diese Linsen wirken auf elektrische Wellen in gleicher Weise wie Glaslinsen auf Lichtstrahlen. Blochmann hat mit Linsen von 80 *cm* Durchmesser, bei Anwendung von Wellen von 20 *cm* Länge, Entfernungen bis zu 1·5 *km* überbrückt.

Die Empfangseinrichtung gleicht in der äußeren Form dem Sendeapparate und ist oberhalb desselben angeordnet. Durch zwei Verbindungsstangen sind beide Apparate so miteinander verbunden, daß beide die gleichen Bewegungen machen. An Stelle des Oszillators befindet sich im Brennpunkte der Linse ein Fritter oder ein sonst geeigneter Wellenempfänger. Die weitere Einrichtung besteht aus dem Klopfer zur Entfrittung des Fritters, Relais, der Lokalbatterie für den Morse-Schreiber und dem Morse-Schreiber.

Die ganze Anordnung ist auf einem Zapfen drehbar befestigt, so daß sie horizontal in jeder Richtung eingestellt werden kann. Die ganze Einrichtung hat Ähnlichkeit mit einem Scheinwerfer, nur daß an Stelle des Auges der Empfangsapparat tritt.

F. Braun.

Professor Braun[1]) verwendete an Stelle eines metallischen Parabolspiegels ein metallisches Gitter in

[1]) D. R.-P. Nr. 146.302. D. R.-P. Nr. 146.303. Braun, Mit einem aus einzelnen Leitern zusammengesetzten Hohlspiegel verbundener Geber und Empfänger.

parabolischer Form. Dieses Gitter wird durch eine Anzahl metallischer Stäbe gebildet, welche so verbunden sind, daß eine Art Zylinder entsteht. Jeder dieser Stäbe ist durch einen geraden Draht mit einer in der Brennlinie liegenden Metallkugel verbunden. Zwei solcher parabolischer Stabanordnungen werden senkrecht übereinandergestellt, so daß die beiden Kugeln eine Funkenstrecke bilden.

Der Vorteil dieser Anordnung gegenüber einem gewöhnlichen metallischen Parabolspiegel ist, daß mehr Energie übertragen werden kann, weil die Energie von der Kapazität der einzelnen Stäbe abhängig ist und diese sich dadurch vergrößern läßt, daß man Kondensatoren mit den Stäben verbindet. Gute Resultate sind mit dieser Anordnung noch nicht erreicht worden.

De Forrest.

De Forrest will gefunden haben, daß, wenn man einen senkrechten Luftleiter nicht durch die Erregerfunkenstrecke direkt zur Erde führt, sondern an dessen Fußpunkt einen wagerechten isolierten Draht anschließt, der in einiger Höhe über dem Erdboden geführt und am Ende durch eine Funkenstrecke geerdet wird, die von den Luftleitern erzeugten Kraftlinien in der von ihnen gebildeten Ebene zusammengedrängt werden und daher hauptsächlich in der Richtung dieser Ebene ausstrahlen.

Artom.

Professor Artom[1]) wendet an Stelle der gewöhnlichen Herzschen Wellen kreisförmig oder elliptisch polarisierte Schwingungen an, welche hauptsächlich nach nur einer Richtung ausstrahlen.

[1]) Artom, Accademia dei Lincei zu Rom. (Bd. XII, I. Halbjahr, 5. Serie, 6. Heft.) Sitzung vom 15. März 1903.

Zur Durchführung dieses Verfahrens werden winkelig zueinander gerichtete und in ihrer Phase gegeneinander verschobene elektrische Schwingungen gleicher Wechselzahl und gleicher Länge erzeugt, die sich zu den erwähnten kreisförmig oder elliptisch polarisierten Schwingungen zusammensetzen.

In der Abb. 61 ist schematisch ein solcher Sender dargestellt, bei welchem unter Einschaltung passender Mittel zur Phasenverschiebung der elektrischen Schwingungen in dem Sekundärstromkreise des Induktors beispielsweise drei Kugeln an den Spitzen eines Dreiecks angeordnet sind.

In Abb. 64 ist eine Empfangsvorrichtung dargestellt, welche mit dem veranschaulichten Sender zusammen arbeiten kann.

Bei dem in Abb. 61 dargestellten Sender wird der Induktor J wie bei allen anderen bekannten Einrichtungen durch Gleich- oder Wechselstrom gespeist. An die Sekundärklemmen des Induktors J sind in üblicher Weise die Funkenkugeln AE angeschlossen. Außerdem ist aber, wie aus der Abb. 61 ersichtlich, von einem Punkte U des Sekundärstromkreises eine mit einer passenden Kapazität C ausgerüstete Leitung abgezweigt, welche an ihrem äußeren Ende mit einer Hilfsfunkenkugel B versehen ist. Schließlich enthält der zwischen dem Verzweigungspunkte U und der Kugel A liegende Leitungsabschnitt eine passende Selbstinduktion S, die entweder aus einer Spule S besteht oder durch die Länge der Leitung UA bestimmt wird.

Die Wirkungsweise der Schaltung nach Abb. 61 ist folgende: Bei jedem Stromstoße des Induktors finden mehrere hin- und hergehende Entladungen statt und in dem sekundären Stromkreise verteilt sich ein oszillierender Strom. Der Strom gelangt zu dem Verzweigungspunkt U und, da in der zur Kugel B führenden

Stromabzweigung eine phasenvoreilende Kapazität vorhanden ist, so gelangt der Strom mit Phasenvoreilung zur Kugel B und von letzterer zu E in der Pfeilrichtung rechts, da der Weg BE dem Strome den geringsten Widerstand bietet. Nun eilt dem ersten Strome vom Punkte U aus ein Strom zu der Kugel A nach, weil in der Stromabzweigung UA eine Phasenverzögerung hervorrufende Selbstinduktion S enthalten ist. Der nacheilende Strom springt von der Kugel A auf Kugel B in der Pfeilrichtung über. Die zwischen den Kugeln B und E sowie A und B stetig übergehenden Schwingungen setzen sich, da sie sich in einem Winkel treffen und gegenseitig einen Phasenunterschied (in dem vorliegenden Falle eine Viertelperiode) aufweisen, nach dem bekannten physikalischen Gesetze zu einer rotierenden (je nach besonderen Umständen kreisförmig oder elliptisch polarisierten) Strahlung zusammen, die, wie bereits angedeutet, im Raume eine merkbar bestimmte Richtung einzuschlagen sucht.

Die Schaltung in Abb. 62 unterscheidet sich von der vorhergehenden nur dadurch, daß von dem Punkte V der von dem Verzweigungspunkte U zu der Kugel B über den Kondensator C führenden Stromabzweigung eine zu einem rechts liegenden Verzweigungspunkt W führende Leitung sich abzweigt, in welcher eine mit der Kapazität C in Reihe geschaltete Selbstinduktion S_1 enthalten ist.

Betrachtet man den von dem schwingenden Strome durchflossenen Leitungsteil $U—W$, so ist, wie bekannt, der Hauptstrom an den Klemmen des Kondensators in Phasenvoreilung von $\frac{\pi}{2}$ oder von einem größeren Winkel zu dem Spannungsunterschiede, während an den Klemmen der Selbstinduktion S_1 der Spannungsunterschied sich in Phasenübereinstimmung

mit dem Hauptstrome befindet. Demgemäß zeigen die beiden Spannungsunterschiede zwischen den Punkten UV und den Punkten VE einen Phasenunterschied von $\frac{\pi}{2}$ oder von einem größeren Winkel, und zwar herrscht Phasenvoreilung in dem den Kondensator C enthaltenden Leitungsteile U—V. Folglich

Abb. 61.

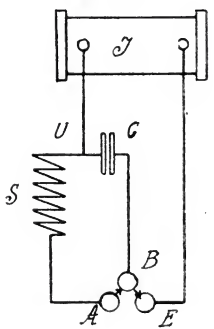
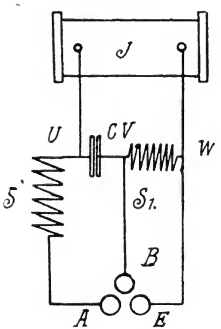


Abb. 62.



sind die Spannungsdifferenzen zwischen den Kugeln A und B und den Kugeln B und C gegeneinander in der Phase verschoben.

Bei der eben erläuterten Schaltung, bei welcher nicht nur eine Kapazität und eine Selbstinduktion im Nebenschlusse, sondern auch eine andere Selbstinduktion in Reihe zur Kapazität geschaltet ist, wird also auch eine Phasenverschiebung der Spannungsunterschiede der Schwingungen hervorgerufen.

Die Selbstinduktion L_1 ermöglicht, die Periode der Schwingungen und folglich die der rotierenden Strahlung veränderlich zu gestalten, daher ist diese

Selbstinduktion von großer Bedeutung bei der Aufstellung von Sendevorrichtungen, die mit im voraus bestimmten Perioden arbeiten. Jedem Werte der Selbstinduktion L_1 entspricht nämlich ein besonderer Wert der Periode derart, daß man durch passende Wahl der Selbstinduktion S_1 für jede Sendestelle einen besonderen, im voraus zu bestimmenden Wert der Entladeperiode erhalten kann.

Selbstverständlich kann für die Sendeapparate jeder andere Phasenunterschied als eine Viertelperiode gewählt werden.

Beträgt der Phasenunterschied eine Viertelperiode, so müssen nach der obenerwähnten Abhandlung des Erfinders folgende beiden Formeln erfüllt sein:

$$4\,\pi^2\,n^2\,L_2\,C = I \quad (1)$$

und

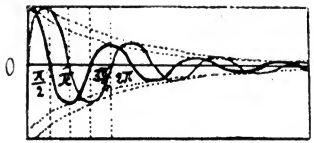
$$L_2 = \frac{r_2}{2\,\pi\,n} \quad (2)$$

in denen n die Periodenzahl, L_2 die Selbstinduktion *S*, C die Kapazität *C* und r_2 den Widerstand der Funkenstrecke von etwa 0·8 Ohm bedeutet.

Bei von dem Erfinder angestellten Versuchen betrug die Kapazität C ein Mikrofarad, der Selbstinduktionsfaktor L_2 1000 *cm*. Ferner waren die Funkenstrecken 1—2 *cm* lang. Die Funkenkugeln hatten einen Durchmesser von 2 *cm*.

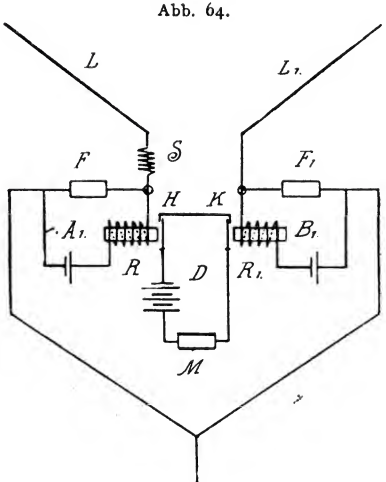
Abb. 63 zeigt in diagrammatischer Darstellung die Verteilung der Elektrizitätsmengen oder die oszillierenden Ströme bei den aufeinanderfolgenden Zeitpunkten 0, $\frac{\pi}{2}$, π, $3\frac{\pi}{2}$, $2\,\pi$ usw. Die Abszissenachse stellt die Zeit, die Ordinatenachse γ die zugehörigen Werte der Elektrizitätsmenge beziehungsweise Stromstärke dar.

Abb. 63.



In Abb. 64 wird als Beispiel ein Empfänger gezeigt, der mit den vorstehend gezeigten Sendern zusammen arbeiten kann.

Abb. 64.



Bei dieser Einrichtung werden zur Aufnahme der kreisförmig oder elliptisch polarisierten Strahlungen

bestimmte Luftleiter $L\ L_1$ an die beiden Stromkreise $A_1\ B_1$ angeschlossen. In letztere sind die Elektrizitätsquellen, die Relais $R\ R_1$ und die Fritter F und F_1 eingeschaltet. Zwischen den beiden Stromkreisen $A_1\ B_1$ befindet sich außerdem der Hauptstromkreis D, dessen Kontakte $H\ K$ den Ankern der Relais $R\ R_1$ gegenüberstehen. Der Hauptstromkreis D enthält außerdem die Elektrizitätsquelle sowie eine geeignete Signalvorrichtung, z. B. einen Morse-Apparat M. Außerdem ist zwischen dem Verzweigungspunkte des Stromkreises A_1 und dem Luftdrahte L eine Selbstinduktion S eingeschaltet.

Die Wirkungsweise des Empfängers ist folgende: Die rotierende Strahlung zerlegt sich in ihre beiden Komponenten in Richtung der beiden Luftleiter L und L_1. Die beiden Schwingungen, die sich aus der Zerlegung der rotierenden Strahlung in ihre Komponenten ergeben, wirken auf die Fritter F beziehungsweise F_1 ein, wodurch die beiden Relais R und R_1 zur Wirkung gelangen und die entsprechenden Anker anziehen. Demzufolge wird der Hauptstromkreis D in den Punkten H und K geschlossen, und es wird nun von dem Morse-Apparat das Signal registriert.

Da die erwähnten beiden Komponenten der rotierenden Strahlung gegeneinander in der Phase verschoben sind, so muß man dafür sorgen, daß sie auf die Fritter in Phasenübereinstimmung einwirken. Zu diesem Zwecke wird die regelbare Selbstinduktion S in die an den Luftleiter angeschlossene Leitung eingeschaltet. Dadurch, daß, wie bekannt, durch eine Selbstinduktion eine Phasenverschiebung beziehungsweise Verzögerung herbeigeführt werden kann, werden die beiden Schwingungen auf die nötige Phasenübereinstimmung gebracht. Es ergeben sich auf diese Weise sehr klare und deutliche Signale.

Eine weitere Verbesserung des Systems ist durch die Anordnung der Luftleiter erreicht worden.[1])

Die Luftleiter L und L_1 (Abb. 65) auf der Sendestelle sind mit den vorstehend beschriebenen Funkenkugeln A und E verbunden, während die mittlere Funkenkugel an Erde gelegt ist. Vorteilhaft ist es, wenn beide Luftdrähte die gleiche Länge haben. Die Luftdrähte sind symmetrisch in bezug auf die Senkrechte, beispielsweise in einem Winkel zu 90° zuein-

Abb. 65.

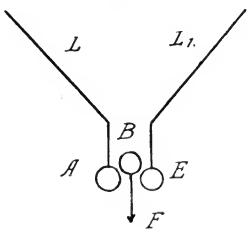
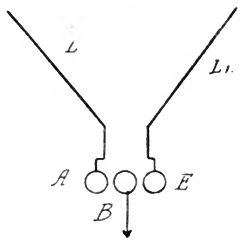


Abb. 66.



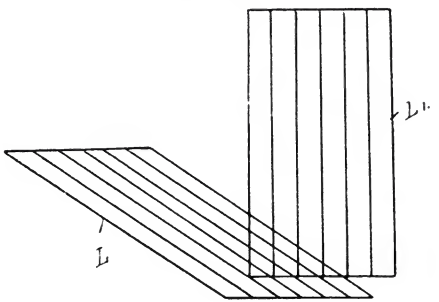
ander angeordnet. Da die Funkenkugeln an den Spitzen eines rechtwinkeligen Dreieckes liegen, findet die Zusammensetzung der elektrischen Schwingungen von gleicher Wechselzahl und Länge und einem Phasenunterschied von einer Viertelperiode bereits auf den Funkenkugeln statt. Somit dienen die Luftleiter hier lediglich dazu, die Polarisationswirkung und die Strahlung zu verstärken, wodurch die Übertragung der Energie auf viel größere Entfernungen ermöglicht wird, als wenn die Übertragung nur unter Verwendung der Funkenkugeln erfolgt.

Auf der Empfangsstation sind ebenfalls zwei Luftleiter angeordnet, und zwar in einer möglichst

[1]) Artom, D. R.-P. Nr. 161.172.

parallelen Richtung zu den Luftleitern der Sendestelle. Auf der Sendestelle können auch Luftleiter verwendet werden, wenn die Funkenkugeln alle in einer Linie angeordnet sind (Abb. 66 und 67). In diesem Falle jedoch sind die Schwingungen wohl um eine Viertelperiode in der Phase gegeneinander verschoben, sie setzen sich aber auf den in gerader Linie liegenden Funkenkugeln noch nicht zu kreisförmig oder elliptisch polarisierten Strahlungen zusammen, weil sie einen

Abb. 67.

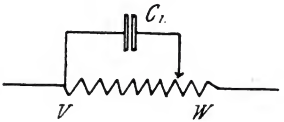


geradlinigen Weg einschlagen. Da die Schwingungen aber nachträglich vom Luftleiter aufgenommen werden, die beispielsweise einen rechten Winkel untereinander bilden, so werden die Schwingungen nunmehr in zwei verschiedene Richtungen geworfen, so daß sie sich jetzt zu kreisförmig oder elliptisch polarisierten Schwingungen zusammensetzen.

Die Luftleiter können auch, wie Abb. 67 zeigt, gitterförmig zusammengesetzt sein, diese werden dann auch in einem rechten Winkel zueinander angeordnet.

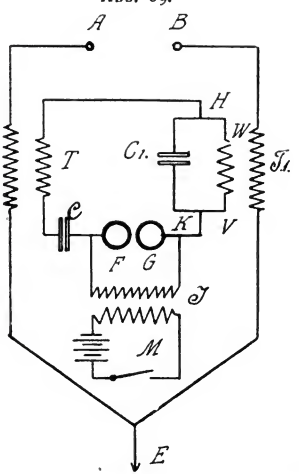
Ein anderer Sender[1]) zur Erzeugung kreisförmig oder elliptisch polarisierter Schwingungen ist in Abb. 69

Abb. 68.



dargestellt. Abb. 68 zeigt eine schematische Ansicht der Mittel, welche bei diesem Sender benützt werden,

Abb. 69.



um die gegenseitige Phasenverschiebung zweier Ströme

[1]) Artom, D. R.-P. Nr. 168.077.

zu erzielen. Das Prinzip dieses Senders beruht auf einer in der Elektrotechnik anerkannten Tatsache.

Es ist in einem Stromkreise, welcher vom Wechselstrome durchflossen ist, möglich, den Teil $V—W$ des Stromkreises durch einen Strom J_1 durchfließen zu lassen, welcher dieselbe Intensität besitzt wie derjenige des Stromes J, der durch diesen Stromkreis hindurchgeht, jedoch eine Phasenverschiebung aufweist, die eine Viertelperiode beträgt. Dies wurde in der Weise erzielt, daß man im Nebenschlusse einen Kondensator C_1 (Stromdichter) einschaltet, dessen Kapazität

$$C = \frac{1}{4\pi^2 n^2 L}$$

beträgt, worin n die Wechselzahl der Schwingungen und L den Selbstinduktionskoeffizienten des Teiles $V W$ des Stromkreises bedeutet. Ferner muß ebenfalls die Beziehung

$$2\pi n L = r$$

bestehen.

In Übereinstimmung mit den oben angegebenen Tatsachen geht bei der Einrichtung nach Abb. 69 die schwingende Entladung unter Zuhilfenahme des Induktors J und der Funkenkugeln FG durch die primären oder induzierten Wickelungen des Stromumformers (Transformators) T hindurch und wird durch Induktion auf die mit einer Klemme A versehene sekundäre oder induzierte Wickelung und ferner auf den in der Zeichnung nicht dargestellten Luftleiter übertragen, während die andere Klemme bei E an Erde gelegt ist.

Wenn der schwingende Strom zu den Punkten HK gelangt, wird er in zwei Teile getrennt. In dem ersten Teile VW des Stromkreises, welcher die primäre Wickelung des Schwingungstransformators T_1 bildet, wird der schwingende Strom mittels des Kondensators C_1 um eine Viertelperiode in der Phase verschoben.

Dieser schwingende Strom wird durch Induktion auf die sekundäre Wickelung des Transformators T_1 übertragen, und es ist die eine Klemme der sekundären Wickelung bei B mit dem zweiten (auf der Zeichnung ebenfalls nicht dargestellten) Luftleiter verbunden, während die andere Klemme bei E an Erde liegt.

Folglich werden die beiden Luftleiter von zwei schwingenden Strömen durchflossen, die ein und dieselbe Periode und Wechselzahl besitzen, jedoch um einen Winkel von 90° in der Phase gegeneinander verschoben sind.

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie.

Während bei der Anordnung nach Patent Nr. 146.303 das Ziel darin bestand, möglichst nur nach einer Richtung hin Zeichen zu geben, so soll nachstehend eine Einrichtung beschrieben werden, die es ermöglicht, den elektrischen Schwingungen eine bevorzugte Feldrichtung zu geben, die aber im Raume, wenn auch nicht kontinuierlich, gedreht werden kann.

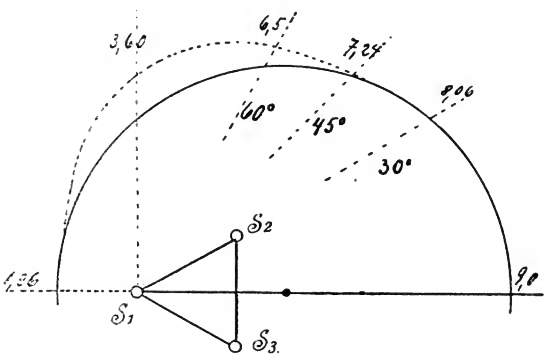
Eine Anordnung, welche dies ermöglicht[1]), zeigt die Abb. 70. Hier sind in den drei Ecken eines gleichseitigen Dreieckes drei Drähte oder Drahtgebilde $S_1 S_2 S_3$ im Abstande von einem Viertel der Wellenlänge $\left(a = \frac{\lambda}{4}\right)$ angeordnet. Die Sender S_2 und S_3 werden in Phasen erregt, welche gegen diejenigen von S_1 um 78° $\left(\frac{\pi}{2} . \cos . 30^0\right)$ verschoben, unter sich aber gleich sind. Die Abbildung zeigt das Aussehen des Feldes im Unendlichen, wobei die von S_1 aus gerechneten Radiovektoren die Quadrate der resultierenden Amplitude in

[1]) D. R.-P. Nr. 182.051.

den verschiedenen Azimuten darstellen. Die Feldkurve hat annähernd die Form eines Kreises, dessen Mittelpunkt aber nicht wie beim einfachen Sender mit diesem zusammenfällt, sondern stark dagegen verschoben ist.

Der Weg, auf dem die Feldkurve (Abb. 70) gewonnen ist, sei hier kurz angedeutet.

Abb. 70.



——— Kreis mit Radius. ..... Feldkurve.

Die drei Sender, welche in der Phase verschobene Schwingungen, jedoch die gleiche Schwingungszahl aufweisen, erzeugen in einem weit entfernt zu denkenden Punkte jeder für sich ein elektromagnetisches Wechselfeld. Die drei einzelnen Felder lagern sich übereinander und setzen sich zu einem resultierenden Felde zusammen, welches dieselben Schwingungszahlen hat.

Die Amplitude dieses resultierenden Feldes hängt ab: von den Dimensionen des Senderdreieckes, der Wellenlänge, den Amplituden der Einzelströme, den

Phasenverschiebungen der Einzelströme untereinander und der auf eine bestimmte Gerade zu beziehenden Richtung, in welcher der betrachtete Punkt liegt. Sie läßt sich, wenn für die übrigen Größen bestimmte Werte angenommen werden, als Funktion des Richtungswinkels ausdrücken und so für jede beliebige Richtung ausrechnen.[1])

Marconi.[2])

Marconi benützt für gerichtete Telegraphie, nach einem 1906 in der Royal Society in London gehaltenen Vortrage, die alte Marconi-Schaltung, d. h. die Funkenstrecke ist mit dem einen Pole geerdet, während an den anderen Pol der Funkenstrecke der Luftdraht angeschlossen ist. Legt man nun den Luftdraht horizontal in einiger Entfernung von der Erde isoliert auf Stützen, so pflanzen sich die elektrischen Schwingungen im wesentlichen in der zum Sendedrahte senkrechten Richtung fort. Für weite Entfernungen soll die einfache Marconi-Schaltung der geschlossenen Schaltung überlegen sein. Vorteilhaft soll es sein, den horizontalen Luftdraht im Verhältnis zu ihrer Entfernung von der Erde recht lang zu machen, auch soll die Wellenlänge mindestens 150 *m* betragen.

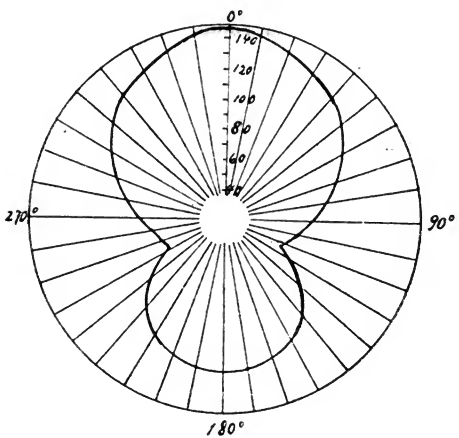
Marconi veranschaulicht in Form von Polardiagrammen die Abhängigkeit der Empfangsintensität von der Stellung des horizontalen Luftdrahtes. Als Empfangsintensität gilt der Effektivwert der im Empfangsdrahte induzierten Ströme. Diagramme konnten nur für den Empfang auf kurze Entfernungen gezeichnet werden, auf die ein Thermogalvanometer noch anspricht. In der Abb. 71 ist eines dieser Polardiagramme dargestellt.

[1]) Abraham, Phys. Zeitschr. II, S. 331, 1901.

[2]) Abhandlung von Prof. Flemming, Electrician vom 4. Mai 1906.

Es bezieht sich auf einen Sender von 60 *m* Länge, der 1·5 *m* über dem Erdboden befestigt war, bei seiner Rotation um 360°. Der Empfänger war 60 *m* lang und ebenfalls horizontal ausgespannt. Man sieht die Maxima der Empfangsintensität in den beiden Stellungen,

Abb. 71.



in denen beide Antennen parallel sind, die Minima, wenn sie gegeneinander um 90° oder um 180° + 90° versetzt sind.

Die mit dieser Anordnung angestellten Versuche sollen bis auf 240 *km* gute Resultate ergeben haben. Die Verständigung hörte auf, wenn der Sendedraht um 15° aus seiner Richtung gedreht wurde. Bei diesen Versuchen wurde auf der Empfangsstation ein vertikaler Luftdraht angewandt.

Die von den Verfassern im Jahre 1904 und 1905 ohne Kenntnis der Marconischen Arbeiten angestellten Versuche haben die gleichen Resultate ergeben.

5. Telegraphie und Telephonie mittels ungedämpfter Schwingungen.

Der englische Physiker Duddell fand im Jahre 1899, daß, wenn man parallel zu einem elektrischen Lichtbogen, der durch Gleichstrom gespeist wird, einen Wechselstromkreis mit passender Kapazität und Selbstinduktion anbringt, der Lichtbogen unter gewissen Bedingungen ertönen wird, und daß dann gleichzeitig im Wechselstromkreise ein Wechselstrom auftritt, der dieselbe Wechselzahl wie der des Lichtbogens hat. Ein Teil des Gleichstromes wird also in Wechselstrom mit konstanter Amplitude verwandelt, wobei die im Wechselstromkreise verbrauchte Energie vom Gleichstrome ersetzt wird. Nach Duddells Darstellungen müssen folgende Bedingungen erfüllt werden, damit der Lichtbogen »musikalisch« wird.[1])

Wenn δV eine kleine Änderung im Spannungsabfalle des Bogens in der Zeit δt ist und δJ die entsprechende Änderung des Stromes im Lichtbogen, so muß $\frac{\delta V}{\delta J}$ negativ und numerisch größer als der Widerstand im Wechselstromkreise sein. Diese Bedingungen konnten erfüllt werden, wenn der Lichtbogen zwischen Homogenkohlen gebildet wurde.

Die von Duddell erreichten Wechselzahlen betrugen 30.000—40.000 Schwingungen pro Sekunde. Für die drahtlose Telegraphie sind diese Wechselzahlen und die Intensität des Wechselstromes aber zu gering.

[1]) E.-T. Z. Heft 45, 1906.

Poulsen fand jedoch, dadurch, daß er den Lichtbogen in einer Wasserstoffatmosphäre brennen ließ, ein Mittel, ungedämpfte Schwingungen von genügend hoher Frequenz und Intensität zu erhalten.

Wenn man eine ähnliche Anordnung, wie von Duddell angegeben, verwendet, den Lichtbogen aber in Wasserstoff oder wasserstoffhaltiger Atmosphäre brennen läßt, so kann man unter gewissen Bedingungen Wechselzahlen von einer Million oder mehr Schwingungen in der Sekunde erhalten. Daß man es dabei mit wirklich ungedämpften Schwingungen zu tun hat, ist auf verschiedene Weise im Laboratorium nachgewiesen und tritt bei allen Versuchen als auch bei der Anwendung zur drahtlosen Telegraphie deutlich hervor.

Um Schwingungen zu erzeugen, muß der Lichtbogen auf eine gewisse Länge ausgezogen werden. Diese Länge kann oft später etwas verringert und in den meisten Fällen etwas vergrößert werden. Die aktive Länge des Lichtbogens wächst mit der Stärke des Speisestromes und nimmt ab, wenn die Schwingungszahl wächst. Das Verhältnis zwischen Kapazität und Selbstinduktion kann innerhalb weiter Grenzen geändert werden, ohne daß die Schwingungen ausbleiben. Bei passender Größe der Selbstinduktion und Kapazität kann man beobachten, wie das Gas oder die Teilchen im Gase gleichsam aus dem Lichtbogen mit einem sausenden Laut herausgetrieben werden.

Poulsen nahm anfangs an, daß die eigentümliche und günstige Einwirkung des Wasserstoffes auf den Lichtbogen und die angrenzenden Teile der Elektroden hauptsächlich der großen Abkühlungsfähigkeit des Wasserstoffes zuzuschreiben wäre. Daß der Bogen stark abgekühlt wird, wenn er in Wasserstoff gebracht wird, kann als sicher angesehen werden. Sicher ist es auch, daß reiner Stickstoff und gewisse andere Gase als Medium für den Bogen eine beträchtlich höhere

Schwingungszahl gestatten als atmosphärische Luft. Der Sauerstoff scheint also ein schädlicher Faktor zu sein.

Wird der Lichtbogen in ein starkes Magnetfeld gebracht (Abb. 72), so wird der Spannungsabfall durch den Bogen im allgemeinen sehr groß sein im Verhältnis zur Länge des Bogens, z. B. 440 Volt auf eine Bogenlänge von 3 *mm*, und man kann unter diesen Umständen die Selbstinduktion im Schwingungkreise auf Kosten der Kapazität bedeutend erhöhen, was wiederum bewirkt, daß der Spannungsunterschied zwischen den Belegungen am Kondensator sehr groß werden kann.

Abb. 72.

Es hat sich gezeigt, daß die Anwendung eines Magnetfeldes im allgemeinen dem Schwingungskreise eine größere Nutzwirkung gibt. Die Anwendung eines transversalen Magnetfeldes hat zugleich den Vorteil, daß die Stellung des Bogens im Verhältnis zu den Elektroden geometrisch festgelegt ist. Das Magnetfeld wird mit Hilfe von Elektromagneten hergestellt, deren Wickelungen gleichzeitig als Drosselspulen wirken können.

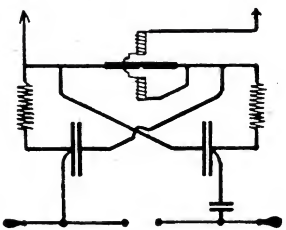
Bei Anwendung von Kupfer als Anode und Kohle als Kathode trat ebenfalls eine Vermehrung des Wirkungsgrades ein.

Damit die Bogenlänge längere Zeit konstant erhalten wird, kann man die Kohle sich um ihre Achse drehen lassen. Das Magnetfeld hält den Bogen nach oben gerichtet, so daß er zwischen den obersten Rändern der Elektroden steht. In der Regel kann man gewöhnliche Zylinder aus Kohle benützen (Abb. 73), nur muß die Kante scharf abgedreht sein. Die Geschwindigkeit am Umfange kann sehr gering sein, z. B. 0·1 *mm* in der Sekunde. Der Durchmesser der Kohle soll einigermaßen groß genommen werden und soll, wenn sie eine ganze Umdrehung gemacht hat,

ausgewechselt werden. Der Bogen wird in eine zweckentsprechende Kammer eingeschlossen, die Seiten, durch welche die Elektroden eingeführt werden, sind beispielsweise aus Marmor hergestellt. Das Gas wird in die Kammer gerade unter den Bogen, unter Umständen auch durch einen Kanal in der Anode eingeleitet.

Im allgemeinen ergibt Wasserstoff mit einem Zusatze von Kohlenwasserstoff eine bessere Wirkung. Poulsen benützt daher gewöhnliches Leuchtgas oder

Abb. 73.



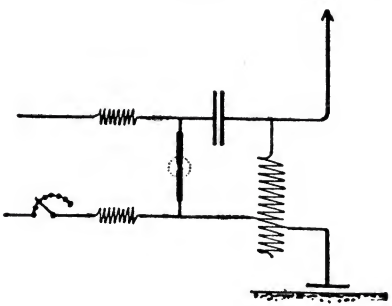
Wasserstoff, welcher karburiert wird, indem er einen Behälter mit Naphtha durchströmt, ehe er an den Bogen gelangt. Außerdem findet sich ein Ableitungsrohr für das benützte Gas vor. Das Gas wird nämlich durch die Schwingungen verändert, und zwar in der Art, daß dessen Brauchbarkeit als Medium für den Bogen verringert wird. Das Gas scheint um so schneller inaktiv zu werden, je größer die Schwingungsenergie ist.

Die Abb. 74 zeigt einen Generator zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen, bei welchem zwei Schwingungskreise mit gleicher Schwingungszahl parallel zum Bogen sich befinden. Umgekehrt symmetrisch angewendet (wie in der Abb. 75 dargestellt), können doppelt so große Spannungen erreicht werden.

Unter der Mitwirkung des dänischen Ingenieurs P. O. Pedersen hat Poulsen diese neue Erzeugungsart für die drahtlose Telegraphie nutzbar gemacht. Die Einrichtung der Apparate soll im nachfolgenden kurz beschrieben werden:

Am Sender ist hauptsächlich zweierlei von Interesse, nämlich die Koppelungsverhältnisse und die Signalgebung.

Abb. 74.



Hinsichtlich der Art der Koppelung gilt, daß hierbei dieselben Arten angewendet werden können wie bei der Funkentelegraphie. Man kann den Luftleiter und das Gegengewicht als denselben Schwingungskreis dienen lassen, indem der Lichtbogen so angebracht ist, daß die Schwingungen unmittelbar im Luftleiter erzeugt werden, oder man kann durch eine feste oder lose Koppelung dem Luftleiter Energie aus dem primären Kreise, dem Generatorkreise, zuführen.

Wenn die Koppelung weder ganz fest noch ganz lose ist, wird die Schwingungszahl des Systemes nicht ausreichend bestimmt, indem der Bogen die eine oder

die andere der einander naheliegenden Schwingungszahlen wählen kann, deswegen wählt Poulsen hauptsächlich eine ausgeprägt feste oder ausgeprägt lose Koppelung. Hierbei tritt auch der Unterschied zwischen dem alten und dem neuen Systeme hervor. Wenn man beim Funkensysteme eine scharfe Abstimmung erzielen will, ist man gezwungen, eine lose Koppelung anzuwenden, bei dem neuen Systeme ist dagegen die Abstimmung bei fester sowie bei loser Koppelung scharf. Abb. 75 zeigt eine Senderschaltung mit fester Koppelung.

Hinsichtlich der Arten der Signalgebung ist zu bemerken, daß diese auf mannigfache Weise geändert werden können.

Ein gutes Verfahren ist das, bei welchem der Telegraphenschlüssel den Luftleiter und dessen Gegengewicht in und außer Verbindung mit dem übrigen Teile des Systemes setzt, in welchem man die Schwingungen unausgesetzt verlaufen läßt. Um eine bequeme Überwachung der Leistung des Generators zu erhalten, ist es zweckmäßig, daß der Schlüssel jedesmal, wenn er den Luftleiter aus dem Systeme ausschaltet, als Kompensation einen Schwingungskreis mit geringer Ausstrahlung einschaltet, dessen Schwingungszahl und Dämpfung denjenigen des Luftleiters entspricht. Ein anderes Verfahren zum Telegraphieren ist, den Schlüssel periodisch einen im Generatorkreise oder Luftleiterkreise angebrachten Widerstand, welcher groß genug ist, die Amplitude niederzuhalten, kurzschließen zu lassen. Dieses Verfahren ist äußerst einfach in der Schaltung und gestattet schnelles Telegraphieren, während die Funkenbildung zwischen den Kontakten des Schlüssels mikroskopisch klein ist.

Abb. 76 zeigt einen Empfänger für ungedämpfte Wellen. Hier gilt es vor allen Dingen, das Resonanzprinzip im vollsten Maße auszunützen. Es ist daher

erforderlich, daß in das Empfängersystem ein Schwingungskreis mit so geringer Dämpfung als möglich eingeschaltet und so lose als möglich mit dem Luftleiter gekoppelt wird.

Da die Schwingungen, die das Empfangssystem erregen sollen, kontinuierlich sind, kann man den

Abb. 75.

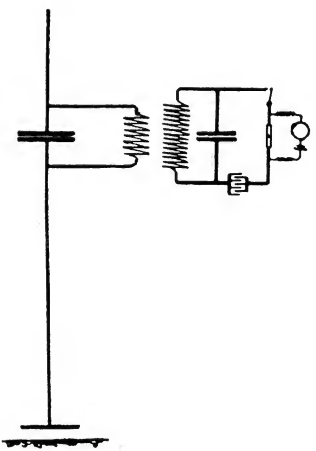
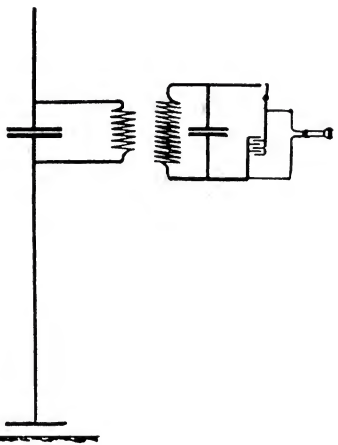


Abb. 76.



Wellenanzeiger so einrichten, daß er nur intermittierend in den Schwingungskreis eingeschaltet wird. Dadurch wird die Dämpfung vermieden, welche sie durch das dauernde Verbleiben des Wellenanzeigers im Schwingungskreise für diesen bedeuten würde.

Auf diese Weise wird der Schwingungskreis ungestört und ohne Dämpfung gut in Schwingungen geraten, worauf dann plötzlich der Wellenanzeiger ein-

geschaltet wird und die während einer kleinen Spanne Zeit angesammelte Energie zur Nutzwirkung kommt, danach wird dem Systeme wieder gestattet, in Schwingungen zu kommen, der Wellenanzeiger greift wieder ein usw. Dieses Wechseln kann natürlich sehr schnell vor sich gehen, so daß, wenn der Wellenanzeiger aus einer elektrolytischen Zelle, einem Thermoelement oder einer bolometrischen Anordnung, verbunden mit einem Fernhörer, besteht, dieser dann einen schönen Ton ergeben kann. Das Organ, welches den intermittierenden Kontakt hervorbringt, »Tikker« genannt, kann aus einem kleinen elektromagnetisch angetriebenen Unterbrecher oder einem sich drehenden Zahnrade bestehen, gegen dessen Zähne eine Feder anliegt.

Die Abb. 76 zeigt eine sehr empfindliche Ausführungsform. Die Empfangsvorrichtung besteht aus einem Schwingungskreise, dessen Kondensator oder Selbstinduktion intermittierend durch einen mit dem Fernhörer parallel geschalteten Kondensator von verhältnismäßig großer Kapazität, z. B. 0·2 Mikrofarad, kurzgeschlossen wird.

Die zweckmäßigsten Tikkeranordnungen sind diejenigen, bei denen der Wellenanzeiger nur momentan mit dem Schwingungskreise in Berührung kommt, was nicht nur die Abstimmung feiner macht, sondern gleichzeitig in Verbindung mit der losen Koppelung, die in der Praxis 0·02 oder noch geringer sein kann, dazu beiträgt, daß stark gedämpfte Schwingungen, wie solche, die von atmosphärischen Entladungen oder Funkentelegraphenstationen herrühren, von dem Wellenanzeiger ferngehalten werden können.

Die Abstimmschärfe, mit der das System über dasselbe Feld hinarbeitet, beträgt 1%. Z. B. können die Stationen *A* und *B* mit einer Wellenlänge von 606 *m* und die Stationen *C* und *D* über dasselbe Gebiet mit einer Wellenlänge von 600 *m* zusammenarbeiten, und

die Signale werden dann nur da vernommen, wo sie aufgefangen werden sollen.

6. Verwendung der drahtlosen Telegraphie im Eisenbahnbetriebe.

Seit langer Zeit hat man sich bemüht, im Eisenbahnbetriebe zwischen den Stationen und fahrenden Zügen Nachrichten auswechseln zu können, ohne daß es gelungen wäre, diesem Bedürfnisse in befriedigender Weise nachzukommen. Bislange war man darauf angewiesen, in gewissen Abständen auf der Strecke in einigen Wärterhäusern Morse-Apparate oder Telephone als sogenannte Streckentelegraphen aufzustellen. Diese Einrichtung gestattete jedoch nicht, mit dem fahrenden Zuge in ständiger Verbindung zu bleiben, sondern man gebrauchte sie nur bei Störungen oder Unfällen, weil die Entfernung zwischen den Streckentelegraphen ziemlich groß war. Im Jahre 1903 versuchte jedoch die Gesellschaft Braun-Siemens für drahtlose Telegraphie auf der Militäreisenbahn bei Berlin auch die Wellentelegraphie für den gedachten Zweck nutzbar zu machen. Diese Versuche wurden mit Erfolg von der Gesellschaft »Telefunken« unter Leitung des Oberst v. Boehn einige Jahre hindurch fortgesetzt und machten die Einführung der Wellentelegraphie für den Eisenbahnsicherungsdienst möglich (siehe E.-T. Z., Heft 39, 1906: »Die drahtlose Telegraphie im Eisenbahnsicherungsdienst« von Dr. Eugen Nesper). Der Luftleiter zum Absenden von Nachrichten an den fahrenden Zug ist auf gewissen Strecken an dem Gestänge der gewöhnlichen Telegraphenleitungen angebracht, während der Empfangsdraht rings um einen Wagen im Rechtecke befestigt wird. Zur Erdung dienen die beiden Fahrschienen mit den Rädern. Der Empfangsapparat ist im Wageninnern in einem Schutzkasten untergebracht, welcher zum

Schutze gegen Erschütterungen an starken Federn hängt. Diese Einrichtungen gestatten bis auf eine Entfernung von 12 *km* Nachrichten zu senden. Störungen im Staatstelegraphenbetriebe fanden durch den funkentelegraphischen Verkehr nicht statt. Ausführliche Angaben mit Abbildungen bietet die oben angegebene Abhandlung. —

Wir wenden uns jetzt dem letzten Abschnitte unseres Buches zu, welcher zwar an Umfang noch gering, aber äußerst wichtig ist. Er behandelt die Telephonie ohne Draht, die sich zur Zeit noch in ihren Anfängen befindet.

V. Drahtlose Telephonie.

1. Allgemeines.

Es ist bekannt, daß die festen Körper den Schall viel besser und weiter fortpflanzen als die Luft. Das Ticken einer Taschenuhr, die man an das eine Ende eines Baumstammes hält, hört man am anderen Ende des Stammes noch, selbst wenn er 10 *m* und länger ist. Das Knirschen einer Feile an einem Eisendrahte kann man auf mehrere Kilometer noch vernehmen. Aber auch durch die Luft pflanzt sich unter Umständen der Schall sehr weit fort. Pulverexplosionen und Kanonendonner sind mehrere hundert Kilometer weit zu vernehmen. Den Donner des Blitzes hört man jedoch höchstens etwa 25 *km*. Es ist also Tatsache, daß die festen Körper den Schall viel besser fortleiten als die Luft. Luftschwingungen, die wir mit dem Ohr noch wahrnehmen können, also Töne, machen zwischen 16.000 und 27.000 Schwingungen in der Sekunde. Schwingungen des Äthers von 400—800 Billionen in der Sekunde nimmt unser Auge wahr, wir bezeichnen sie als Licht. Sie pflanzen sich im Raume mit einer Geschwindigkeit von 300.000 *km* in der Sekunde fort. Die gleiche Geschwindigkeit haben auch elektrische Schwingungen, die wir jedoch mit unseren Sinnesorganen direkt nicht wahrnehmen können, sondern

nur aus ihren Wirkungen kennen. Während die Größe der Lichtwellen nur Millionstel eines Millimeters beträgt und die längsten Wellen, nämlich die des roten Lichtes, nur 680—810 Millionstel Millimeter Länge haben, beträgt die Länge elektrischer Wellen etwa 3 *mm* bis 100 *km*. Die drahtlose Telegraphie benützt elektrische Wellen von 200—1200 *m* Länge, während die Wellen auf einer Fernsprechleitung zwischen 30—100 *km* lang sind, je nach der Schwingungszahl der Membran des Mikrophons, welche sie erzeugt. Die Untersuchungen von Hertz, die Rechnungen von Maxwell und die Arbeiten von Rubens über Reststrahlen haben den Beweis erbracht, daß Licht und Elektrizität auf Schwingungen beruhen, die sich nur durch Wellenlänge und Bewegungsart unterscheiden. Sie sind Bewegungen ein und desselben Mittels, das wir als Weltäther oder auch nur als Äther bezeichnen. Wir wissen ferner bei dem heutigen Stande unserer Wissenschaft, daß die Elektriziät sich sehr gut auf sogenannten Leitern, vornehmlich den Metallen fortpflanzt, daß aber diese Bewegung beziehungsweise Fortpflanzung nicht lediglich in dem Metalle, sondern mehr in dessen Umgebung, das heißt innerhalb der sogenannten Nichtleiter stattfindet. Der bisher übliche Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern ist wenig zutreffend, da sich die Elektrizität je nach der Spannung, das heißt dem Drucke, mit dem sie sich fortpflanzt, auf allen wägbaren Stoffen bewegt. Wir dürfen also nur graduelle Unterschiede machen, die von dem Fortpflanzungsdrucke und der molekularen Beschaffenheit der Leiter abhängig sind. Die in der drahtlosen Telegraphie gebrauchten elektrischen Wellen pflanzen sich im Raume etwa mit Lichtgeschwindigkeit fort. Es scheint jedoch die Fortpflanzung auch im Raume von gewissen Umständen abhängig zu sein. Es ist nämlich bekannt, daß die drahtlose Telegraphie des Nachts besser arbeitet wie am Tage. Die Reichweite

großer Stationen ist nachts zwischen 12 und 2 Uhr etwa ein Maximum, sie nimmt vom Morgen bis Mittag allmählich ab, um am Nachmittag bis gegen Mitternacht wieder allmählich zuzunehmen. Während es Marconi z. B. gelang, nachts über See noch auf 3300 *km* Zeichen zu empfangen, verminderte sich diese Entfernung am Tage bis auf den dritten Teil. Der Einfluß des Tageslichtes macht sich bei Entfernungen über 800 *km* bemerkbar. Während die einen diese Erscheinung dadurch zu erklären suchen, daß das Tageslicht die »negativ« elektrisierten Körper zu entladen sucht, sind andere der Meinung, daß am Tage eine stärkere Zerstreuung der Energie der elektrischen Wellen stattfindet. Man ist wohl auch der Ansicht, daß die ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes elektrische Atome loslösen und die Atmosphäre schwach leitend machen. — Es dürfte hierbei jedoch auch die Erwärmung der Luft eine große Rolle spielen. Die Luftschicht, welche die Erde umgibt, enthält Gase, Wasserdampf und Staubteile, zwischen denen und um die der Äther als Licht- und elektrische Wellen schwingt. Da der Äther ein Stoff, wenn auch ein unwägbarer ist, so muß die Lagerung der kleinsten Teile in der Atmosphäre auf seine Bewegung von Einfluß sein. Die Wärme am Tage vergrößert die Abstände der Atome beziehungsweise Moleküle und die sinkende Temperatur der Nacht wird sie einander wieder nähern. Die Höhe des Luftdruckes ist z. B. auch auf die Fortpflanzung des Schalles von großem Einflusse, so daß wir eine im Vakuum schlagende Glocke nicht mehr hören.

Die Erscheinungen des Schalles, des Lichtes und der Elektrizität beruhen auf Schwingungen. Da jede Bewegung, welche ein Hindernis zu überwinden hat, transversale Schwingungen auslöst, so muß die Beschaffenheit des Hindernisses, also hier die Dichtigkeit der Bestandteile in der Atmosphäre, von Einfluß auf

die Schwingungen sein. Dies wird bei elektrischen Schwingungen um so mehr der Fall sein, als unzweifelhaft die Atome der wägbaren Stoffe innig mit den Schwingungen des Äthers verbunden sind. Wir müssen auch alle Kräfte in der Natur lediglich auf eine Kraft, nämlich die Energie des Äthers zurückführen.

Die Bemühungen, für die Nachrichtenübermittlung Drahtleitungen entbehrlich zu machen, sind bereits so alt wie die Telegraphie überhaupt. Als Steinheil 1838 versuchte, den Rückleitungsdraht eines Stromkreises durch Eisenbahnschienen zu ersetzen, fand er, daß schon die Erde allein für diesen Zweck genügt. Er schloß daraus, daß man vielleicht eine Drahtleitung überhaupt nicht benötige, und es gelang ihm tatsächlich, lediglich durch den Erdboden, also ohne verbindende Drahtleitung, ein Galvanometer auf 15 *m* Entfernung abzulenken. Seit jener Zeit war man unablässig bemüht, für die Telegraphie Drahtleitungen entbehrlich zu machen. Dies ist, wie bekannt, Marconi 1890 in hervorragendem Maße gelungen. — Die heftigen Schwingungen des Ruhmkorffschen Induktors und die Entladungen von Leydener Flaschen konnte man freilich für die Zwecke des Fernsprechers nicht gebrauchen, und man bemühte sich in der verschiedensten Weise, auf anderem Wege zum Ziele zu gelangen. Die einen benützten Lichtwellen, die anderen elektrische Ströme für diesen Zweck. Man versuchte, durch die Luft allein, durch Luft und Erde oder auch durch die Erde allein teils zu telegraphieren, teils zu telephonieren, und es entwickelte sich ein intensiver Wettbewerb unter den Elektrotechnikern und Physikern. — Wir wollen nachstehend die verschiedenen Einrichtungen kennen lernen, welche bisher für die drahtlose Telephonie zur Anwendung gekommen sind, müssen jedoch zunächst die Einrichtung der Telephonapparate selbst besprechen.

2. Fernsprechapparate.

Das Telephon wurde zunächst, wenn auch in unvollkommener Form, von dem Lehrer Philipp Reis in Friedrichsdorf bei Homburg erfunden. Am 4. Juli 1863 führte er im Physikalischen Vereine zu Frankfurt a. M. einen Apparat vor, der geeignet war, Töne zu übermitteln. Einen noch einfacheren Apparat hatte er bereits am 26. Oktober 1861 in derselben Gesellschaft gezeigt. Bei dieser Erfindung war er davon ausgegangen, daß eine Eisennadel zum Tönen gebracht wird, wenn sie von einer Drahtspule umgeben ist, in welcher man unterbrochene Ströme erregt. Sobald es möglich war, durch Tonschwingungen unterbrochene Ströme zu erzeugen, ergab sich dann auch ein Weg, Töne in die Ferne vermittels Drahtleitung mitzuteilen. Die Apparate von Reis haben verschiedene Wandlungen durchgemacht, sie sind im Reichs-Postmuseum zu Berlin aufbewahrt, und es gelang schließlich auch, mit diesen, wenn auch unvollkommen, Worte in die Ferne zu übertragen. »Wiedemanns Annalen« wiesen 1868 die Beschreibung der Reisschen Versuche als Humbug zurück!

S. Yates in Dublin 1865 und Elisha Gray 1874 suchten das Reissche Telephon zu verbessern. Einen anderen Weg zur Erreichung des Zieles nahm der Taubstummenlehrer Graham Bell in Boston 1875. Er verwendete zunächst zwei Elektromagnete, auf jeder Station einen, schaltete in den Stromkreis eine Batterie und verband die Anker der Elektromagnete mit Membranen aus Goldblättchen. Gleichzeitig mit Gray reichte er im Februar 1876 ein Patent auf diesen Apparat ein. Später wählte er als Anker ein Eisenplättchen, das auf der Mitte der Membrane befestigt war, und führte diesen Apparat auf der Ausstellung zu Philadelphia 1876 vor. Bereits 1877 nahm er statt der Elektromagnete

einen permanenten Stabmagneten mit eisernem Polschuh und daraufgesetzter Drahtspule. Als Membran diente, wie auch heute noch, lackiertes Eisenblech. Es ist dies die einfache Form des Apparates, die sich bis auf den heutigen Tag bewährt hat. Der große Vorzug dieses Telephons gegen seine Vorgänger liegt darin, daß es zufolge der undulierenden Ströme nicht nur die Worte, sondern auch die Klangfarbe der Töne zu übertragen vermag. So einfach die Konstruktion und Wirkungsweise des Apparates auch ist, hat Bell doch fünf Jahre lang daran gearbeitet. Jeder Ton oder Klang besteht nicht nur aus einem Grundtone, sondern einer Anzahl von dem Ohre nicht wahrgenommener höherer harmonischer Obertöne. Höhe, Stärke und Zahl dieser Obertöne ergeben die »Klangfarbe« eines Tones. Das Horn, das Klavier und die menschliche Stimme enthalten Obertöne, welche zwei-, drei-, vier- usw. mal so viel Schwingungen als der Grundton haben. Ein unangenehmer Klang entsteht dann, wenn an Stelle der geradzahligen Obertöne ungeradzahlige treten. Solche Tonmischungen werden erst zu einem Vokal, wenn noch ein Ton von ganz bestimmter Höhe und mäßiger Stärke beigemischt ist. Man erhält auf diese Weise die Vokale der Sprache. Ist noch eine Anzahl unharmonischer Töne von besonderer Tiefe zugemischt, so erhalten wir die Konsonanten. Die artikulierten Laute sind also eine Mischung zahlreicher verschiedener Schwingungsarten und jeder Laut besteht aus ganz verschiedenen Mischungen. Um diese äußerst zarten und komplizierten Luftwellen wiederzugeben, ist eine dünne, sehr elastische Membran erforderlich, welche selbst bei den schwächsten Stromimpulsen zum Schwingen gebracht wird. Da außerdem bei der Verbindung zweier Magnettelephone die beiden Membranen synchron schwingen müssen, so ist es klar, daß das Reissche Telephon für die Übermittlung der Sprache

nicht geeignet war. Die Membran muß nicht allein die Luftschwingungen der menschlichen Sprache sehr genau aufnehmen, sondern sie soll auch Induktionsströme erzeugen, welche, fortgeleitet im Empfangsapparate, magnetische Schwankungen und damit Schwingungen der Membrane des Empfangstelephons erzeugen. Hierzu konnte also nur eine Membran aus Eisenblech mit Lacküberzug oder sogenanntes Weißblech Verwendung finden. Es war außerdem nötig, die Drahtspule nicht direkt auf den Magneten, sondern auf einen Polschuh aus unterteiltem weichem Eisen zu setzen, damit die ankommenden Ströme den Magnetismus verändern können. Auch hier zeigt sich wieder, daß Erfindungen nicht durch Zufall, sondern allein durch systematische wissenschaftliche und technische Arbeit gemacht werden. Zunächst verwendete man als Sender und Empfänger lediglich ein Telephon und benützte zum Anruf eine kleine Trompete oder eine Glocke, welche Induktionsströme erzeugte, die im Empfangstelephone einen weithin hörbaren Ton hervorriefen. Der erste, welcher die Tragweite dieser Erfindung sofort erfaßte, war der Generalpostmeister Stephan, welcher bereits 1877 zahlreiche Landpostämter im Deutschen Reiche vermittels des Telephons zu Telegraphenämtern machte. Da das einfache Telephon von Bell mit dem Stabmagneten nur sehr schwache Ströme erzeugte, so konnte man anfangs auf große Entfernungen noch nicht sprechen. Zahlreiche Erfinder konstruierten daher Telephone teils mit Hufeisenmagneten, teils mit mehrfachen Magnetsystemen. Es zeigte sich jedoch, daß das einfache Bellsche Telephon am besten geeignet ist, alle feinen Abstufungen der menschlichen Sprache wiederzugeben. Um die Reichweite des Fernsprechers zu erhöhen, verwendete man später an Stelle des Telephons einen besonderen Sender, das Mikrophon, bei welchem kräftige Batterieströme benützt wurden.

Das Mikrophon wurde zunächst als sogenanntes Batterietelephon von Edison eingeführt. Bereits 1856 hatte du Moncel ermittelt, daß die Stromstärke sich je nach dem Drucke auf eine Kohlenplatte als Kontaktkörper ändert. Edison machte hiervon Gebrauch, indem er die Schwingungen einer Membrane auf einen Kohlenkörper mit Platinkontakt wirken ließ. Ferner hatte Hughes beobachtet, daß gewisse Stoffe bei Einschaltung in einen Stromkreis Schallschwingungen in elektrische Stromwellen umzusetzen vermögen. Hughes nannte den Apparat zuerst »Mikrophon« und teilte am 9. Mai 1878 diese Erfindung der Royal Society in London mit. Er machte dann verschiedene weitere Versuche mit unvollkommenen Kontakten verschiedener Art und fand schließlich, daß sich am besten ein Stäbchen aus Gaskohle eignet, dessen Spitzen in zwei Kohlenstückchen gelagert sind. Die gleiche Erfindung machten fast zur selben Zeit R. Lüdtge in Berlin und E. Berliner in Boston. Auch Blake konstruierte ein Mikrophon, bei dem zwei an Federn befestigte Kohlenstücke durch die Schwingungen einer Membrane einen Kontakt verschiedenen Widerstandes erzeugten. Es folgten alsdann zahlreiche andere Konstruktionen von Corssley, de Locht Labye und Ader. Bei allen diesen Apparaten wurden zunächst Mikrophon, Telephon und Batterie in Reihe geschaltet. Erst später gebrauchte man für größere Entfernungen eine Induktionsspule als Transformator, welche zuerst von Pollard und Garnier bei ihrem »singenden« Kondensator angewendet wurde.

Man bildete also zwei Stromkreise, indem man das Mikrophon, die Primärwindungen des Transformators und ein galvanisches Element zu einem Lokalstromkreise verband, während der zweite Stromkreis die sekundären Windungen des Transformators, das Telephon, die Fernleitung und Erde enthält.

Außerdem wurde eine Vorkehrung getroffen, welche beim Anhängen des Telephons an einen Haken den Lokalstromkreis unterbricht und die Fernleitung vom Telephone auf eine Glocke schaltet, die zum Anrufen dient. Dies sind im allgemeinen auch heute noch die Einrichtungen unserer Fernsprecher. Telephon und Induktionsspule haben sich kaum verändert, nur das Mikrophon enthält heute nicht mehr einige Kohlestücke als Kontakt, sondern gewöhnlich eine Kohlemembran, an welche sich ein oder mehrere Kontakte aus Kohlekörnern anlehnen. Man hat auch einen Kohlekörper in ein mit Kohlekörnern angefülltes Säckchen eingebettet und auf diese Weise große Stromschwankungen beim Sprechen erzielt, indem der Kohlekörper mit einer Membran verbunden wurde. In den neuesten Einrichtungen entfällt auch die Ortsbatterie für das Mikrophon bei den einzelnen Teilnehmern, nachdem man Doppelleitungen und Zentralbatterien auf den Fernsprechämtern eingeführt hat. In der ersten Zeit brauchte man zum Anrufe eine größere Batterie, später einen kleinen Läuteinduktor. Bei den neuesten Einrichtungen ist auch dieser nicht mehr erforderlich. Es dient zum Anrufe jetzt nicht mehr eine Glocke oder Klappe auf den Fernsprechämtern, sondern eine kleine Glühlampe, welche aufleuchtet, sobald das Telephon von dem Haken beziehungsweise Umschalter abgehoben wird. Der Apparatsatz bei einem Teilnehmer ist dadurch sehr vereinfacht worden und enthält in einem kleinen Metallgehäuse nur noch das Mikrophon, die Induktionsrolle und den Umschalter, an dessen Haken das Telephon hängt. Außerdem hat man Schmelzsicherungen gegen Blitzschläge außerhalb des Apparates angebracht. Nachdem wir vorstehend die Fernsprechapparate kurz beschrieben haben, wollen wir nun die Einrichtungen kennen lernen, welche man für die drahtlose Telephonie benützt hat. Wir betrachten zunächst die:

3. Lichttelephonie.

Der erste, welcher Lichtstrahlen zur Übermittlung der Sprache ohne Drahtleitung benützte, war Graham Bell. Er nannte seinen Apparat Radiophon, welcher im allgemeinen folgendermaßen eingerichtet war: Die Strahlen einer Bogenlampe werden parallel gegen eine am Ende eines Sprachrohres befestigte spiegelnde Membrane geworfen und von dieser durch die Luft nach einem Hohlspiegel reflektiert, in dessen Brennpunkt ein lichtempfindlicher Körper sich befindet. Als solchen wählte Bell zunächst oberflächlich verkohlte Korkkügelchen, später eine Selenzelle. Zwei Telephone, eine Batterie und der lichtempfindliche Körper wurden zu einem Lokalstromkreise verbunden. Wird die Membran des Sprachrohres durch Sprechen oder Singen bewegt, so rufen ihre Schwingungen Schwankungen in den von ihr ausgehenden Lichtstrahlen hervor. Die den Schallschwingungen der Membran entsprechende veränderliche Belichtung verändert die Leitfähigkeit des lichtempfindlichen Körpers auf der Empfangsstation und hierdurch entstehen Schwingungen im Lokalstromkreise, welche man in den Fernhörern als artikulierte Laute vernimmt. Da eine Selenzelle noch auf die geringsten Belichtungsunterschiede reagiert, so war hiermit die Möglichkeit geboten, ohne Drahtleitung zu telephonieren. Die ersten Mitteilungen über diese Erfindung machte Bell am 27. August 1880 in Boston in der American Association for the Advancement of Science, welche er mit seinem Freunde Summer Tainter ausgearbeitet hat. Im Jahre 1893 wurde der Bellsche Apparat auf der Weltausstellung in Chicago im Elektrizitätsgebäude öffentlich vorgeführt, jedoch nur auf eine Entfernung von etwa 50 *m*.

Etwa im Jahre 1900 versuchte Th. Simon durch sein Photophon die Bellsche Einrichtung zu verbessern,

indem er als Sender eine »sprechende Bogenlampe« verwendete, die Empfangsanordnung von Bell aber beibehielt. Auch W. Duddell und E. Ruhmer haben sich bemüht, die sprechende Bogenlampe zu verbessern. Der letztere machte 1902 unter Anwendung einer zylindrischen Selenzelle Sprechversuche auf dem Wannsee bei Berlin und erreichte eine Tragweite bis 7 *km*. Bei diesen Einrichtungen wurden durch die Mikrophoninduktionsströme, welche sich über den Strom des Lichtbogens lagerten, Temperaturschwankungen des Flammenbogens hervorgerufen, die wiederum Intensitätsschwankungen des Lichtes erzeugten. Die von der elektrischen Bogenlampe ausgehenden »sprechenden Lichtstrahlen« werden durch einen Scheinwerfer nach dem Empfangsorte gerichtet und verändern dort entsprechend den Schallschwingungen des gesprochenen Wortes den Widerstand der Selenzelle.

Diese Erfindungen haben jedoch keinen praktischen Wert. Es müssen nämlich die Scheinwerfer beider in Verkehr stehenden Orte genau in einer Linie aufeinander gerichtet sein. Dies ist auf Schiffen überhaupt nicht zu erreichen, sobald sie sich bewegen, und auf dem Lande bei unsicherem Wetter kaum ausführbar.

Es mag hier von vornherein gleich gesagt sein, daß nur sehr einfache und nicht zu teure Apparate einen wirtschaftlichen Wert für den Ortsverkehr haben. Erfindungen wie die vorstehenden bleiben mehr oder minder eine interessante physikalische Spielerei und können niemals eine allgemeine Anwendung finden. Auch die Benützung der Selenzellen für derartige Zwecke dürfte keine Zukunft haben. Nicht allein das Selen selbst, sondern auch die mit ihm in Verbindung stehenden Metalleiter verändern sich sehr leicht und damit tritt Unempfindlichkeit des Apparates ein. — Betrachten wir nun einen anderen Weg, das Ziel zu erreichen:

4. Induktive Telephonie.

Gavey und Preece versuchten etwa seit 1894 durch Induktion eine drahtlose Verständigung herzustellen, indem sie an den beiden zu verbindenden Orten längere isolierte Leitungen ausspannten, deren Enden in die Erde geleitet, während die Telephonapparate in die Mitte der Leitungen eingeschaltet wurden. Bedingung hierbei war, daß die beiden einander gegenübergestellten Leitungen in paralleler Lage angelegt waren. Auf diese Weise sprachen sie auf 6·5 *km* Entfernung bei 2 *km* Leitungslänge. Später wurden verschiedene Inseln mit der Küste auf diese Weise in Verbindung gesetzt und man erreichte schließlich eine Verständigung auf 13 *km* bei 2 *km* Leitungslänge auf der Insel und 9 *km* auf dem Festlande.

Im Jahre 1902 und 1903 machten Maiche und Ducretet systematische Versuche über Land, während die vorgenannten hauptsächlich über Wasser gearbeitet hatten. Es wurde festgestellt, daß man mit einer gewissen Leitungslänge auf eine gewisse Entfernung ohne Drahtverbindung telephonieren konnte. So brauchte z. B. Ducretet nach den Angaben von D. Mazzotto auf 1000 *m* Entfernung Leitungen von 60 *m* Länge. Maiche erreichte mit 20 *m* Basis 400 *m* Entfernung und mit 450 *m* 7 *km* Entfernung.

Bei diesen Versuchen wurde festgestellt, daß die Abstände der Erdleitungen auf jeder Station nicht allein vom Erdboden, sondern auch von der Größe der Erdplatten abhängig und die zu überbrückende Entfernung in gewissem Verhältnis zum Abstande der Erdleitungen einer Station sei. — Wie wir später sehen werden, liegen die Verhältnisse doch etwas anders, als hier beobachtet wurde. Verfasser sind der Ansicht, daß bei den Versuchen von Ducretet und Maiche nicht allein die Induktion der parallelen Leitungen eine Rolle

gespielt hat, sondern vielmehr die in der Erde stattfindenden Vorgänge, mag man sie nun als Erdströme oder als Wellen auffassen, mitgewirkt haben.

Man sucht nämlich in der Literatur vergeblich nach korrekten Untersuchungen über den Verlauf von Schwachströmen in dem Erdboden. Die Untersuchungen, welche über Erdströme vorhanden sind, beziehen sich entweder auf den Verlauf derselben in unterirdischen Telegraphenleitungen oder im Wasser. Ferner wurden Untersuchungen über die sogenannten vagabundierenden Ströme angestellt, welche von den Schienenrückleitungen, also mehr auf der Oberfläche, bei den elektrischen Straßenbahnen ausgehen. Wie aber Telephonströme in der Erde verlaufen, ist allgemein noch nicht bekannt geworden und die bisherige Vorstellung über die Ausbreitung der Ströme in der Erde in gewissen »Stromlinien«, wie man sich beim Magnetismus Kraftlinien vorgestellt hat, ist durchaus unzutreffend. Dies beweisen die Versuche von G. Engisch, die wir später betrachten wollen. Laboratoriumsversuche sind für dergleichen Zwecke ganz unbrauchbar, es können hier nur solche Versuche aufklärend wirken, die bei praktischer Anwendung der Apparate gewonnen wurden. Darüber ist aber bisher kaum etwas bekannt geworden. — Sehr zahlreich sind die Versuche, elektrische Wellen zum Telephonieren zu benützen, worüber nachstehend berichtet ist.

5. Wellentelephonie.

Die Erfolge der drahtlosen Telegraphie vermittels elektrischer Wellen gaben in den letzten Jahren natürlich auch Veranlassung, ähnliche Einrichtungen für die Telephonie ohne Draht nutzbar zu machen. Da man die stoßweisen Entladungen der Induktionsapparate bei der drahtlosen Telegraphie für den Fernsprecher nicht

gebrauchen konnte, so mußte man andere Mittel ersinnen, um Ätherschwingungen in geeigneter Weise übertragen und beeinflussen zu können.

Da man über die Fortpflanzung und die Bewegungsart der elektrischen Wellen bei der drahtlosen Telegraphie sich noch gar nicht klar ist und heute immer noch die Vorstellungen von Heinrich Hertz als maßgebend annimmt, so ist es nicht zu verwundern, daß die Erfinder und Physiker bezüglich der drahtlosen Telephonie Jahre hindurch im Dunkeln tappten und wohl auch heute noch nicht hinreichende Klarheit geschaffen haben. Aus dieser Unsicherheit entsprangen die eigenartigsten Ideen und Konstruktionen, um die scheinbar so schwierige Aufgabe zu lösen, welche, wie wir sehen werden, mit durchaus einfachen Mitteln bewältigt werden kann. Der eine suchte die Lösung in einem elektrolytischen Empfänger, der andere in einem Selenempfänger, ein dritter in einem Sender, ähnlich demjenigen, welchen die drahtlose Telegraphie benützt, usw. D. Mazzotto führt in seinem Werke »Drahtlose Telegraphie und Telephonie« 1906 eine Menge Namen von Männern auf, welche sich auf diesem Gebiete versucht haben. Der erste jedoch, welcher mit einem gewissen Erfolge gearbeitet hat, scheint A. F. Collins gewesen zu sein, der in den Jahren 1899—1902 Versuche in Philadelphia machte und hierbei bis auf etwa 5 *km* ohne Drahtleitung sprechen konnte. Auch Collins suchte den Hauptwert seiner Erfindung in der Verwendung für die Schiffahrt. Er benützte einerseits das Wasser und anderseits eine Luftleitung am Maste des Schiffes, um Wellen für seine Telephonapparate zu übertragen. Die Beschreibung seiner Versuche läßt nicht erkennen, welche besonderen Einrichtungen er anwandte, es scheint jedoch, daß er Telephonapparate gebrauchte, ähnlich, wie sie im Fernsprechbetriebe allgemein eingeführt sind. Er scheint auch der Lösung

der Frage sehr nahe gewesen zu sein, ohne die Grundbedingungen wirklich zu erkennen, welche für erfolgreiches Sprechen auf große Entfernungen erforderlich sind.

Q. Majorana versuchte dadurch ein brauchbares System zu erzielen, daß die akustische Membran die Länge der Funkenstrecke beeinflußt, die aus zwei in Öl getauchten Kugeln bestand. Er war der Meinung, daß die Energie der sprechenden Bogenlampe oder der Hewittschen Quecksilberlampe nicht genügend sei, um auf größere Entfernungen zu sprechen. Wie die Versuche von V. Poulsen in den letzten Jahren gezeigt haben, war dies ein Irrtum. Die ungedämpften elektrischen Wellen, welche man mit Hilfe eines Lichtbogens in einem Wasserstoffstrome hervorbringen kann, sind sowohl für die Telegraphie als Telephonie ohne Draht sehr geeignet. Es ist aus der Mechanik bekannt, daß zahlreiche, gleichmäßig starke, aber im einzelnen nicht sehr kräftige Stöße dieselbe Wirkung haben, wie einzelne in größeren Pausen ausgeführte kräftige Stöße.

Der erste, welcher ungedämpfte Schwingungen erzeugte, scheint, wie schon früher erwähnt, Elihu Thomson gewesen zu sein, welcher in dem amerikanischen Patente Nr. 500.630 vom 4. Juli 1893 eine Einrichtung für diesen Zweck beschreibt. In einem Stromkreise vom 500 Volt Spannung ist eine größere Selbstinduktionsspule mit einer Funkenstrecke in Reihe geschaltet und im Nebenschlusse zu derselben liegt ein Kondensator und eventuell auch noch eine zweite Selbstinduktionsspule. Um den Funkenstrom zwischen den Kugeln einzuleiten, bringt man sie in Berührung oder führt sonstwie einen metallischen Schluß für den Augenblick herbei. Auf diese Weise erhält man einen dauernden Funkenstrom. Je nach der Größe des Kondensators oder der mit ihm verbundenen Selbstinduktionsspule und je nach dem Verhältnisse beider zueinander gelingt es, durch

Laden und Entladen des Kondensators heftige Stromschwankungen herbeizuführen, so daß 30.000—40.000 Schwingungen in der Sekunde entstehen. Damit in der Funkenstrecke kein Lichtbogen entsteht, wird dieselbe durch einen Luftstrahl oder einen kräftigen Magneten seitwärts beeinflußt und dadurch der schwingende Zustand des Systems aufrechterhalten. Praktische Erfolge wurden damit jedoch nicht erzielt.

Valdemar Poulsen verwendet, wie schon erwähnt, zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen den elektrischen Lichtbogen, dessen Eigenschaft, Töne wiederzugeben, zuerst von Duddell entdeckt wurde. Der letztere schaltete bei seinen Versuchen einen Kondensator und eine Selbstinduktionsspule parallel zu einer Bogenlampe. Es entsteht in dem Schwingungskreise ein Wechselstrom von gleicher Frequenz als der Ton der Bogenlampe. Der Gleichstrom des Bogenlichtes ist teilweise in einen Wechselstrom verwandelt worden, der eine konstante Amplitude hat und seine Energie lediglich aus dem Gleichstrome entnimmt. Duddell erhielt bei dieser Einrichtung ebenso wie Thomson 30.000—40.000 Schwingungen in der Sekunde, was jedoch für drahtlose Telegraphie sehr wenig erscheint. Um die Frequenz zu erhöhen, benützte Poulsen die Abkühlung des sprechenden Lichtbogens in einer Wasserstoffhülle und erzielte damit eine Frequenz von einer Million und mehr in der Sekunde. Der Lichtbogen muß hierbei eine gewisse Länge haben, im übrigen kann das Produkt aus Selbstinduktion mal Kapazität des Schwingungskreises in weiten Grenzen verändert werden, ohne die Schwingungen zu unterbrechen. Zur Abkühlung des Lichtbogens benützt Poulsen als besonders vorteilhaft einen Wasserstrom in einer hohlen Kupferelektrode. Ein Magnet dient zur Erzeugung eines ruhigen, geräuschlosen Lichtbogens.

Wie Ruhmer gezeigt hat, kann man den Lichtbogen durch die Ströme eines Mikrophons beeinflussen, indem man ein Stück der Zuführungsleitung am Lichtbogen zu einer Drahtspule aufwindet und darüber die Windungen des Mikrophonstromkreises führt. Kombiniert man die Ruhmersche Schaltung mit derjenigen von Poulsen und verbindet die ganze Einrichtung mit einem, sonst für drahtlose Telegraphie gebrauchten Luftleitersysteme usw., dann ist es möglich, die Apparate sowohl zum Telegraphieren als auch zum Sprechen zu benützen. Die Gesellschaft »Telefunken« hat auf diese Weise im Dezember 1906 zwischen Nauen und Berlin auf etwa 36 *km* Worte übertragen können. Es wurde hierbei jedoch nicht Abkühlung durch Wasserstoffgasstrom, sondern nur Kühlung durch Wasser verwendet, indem man Lichtbögen zwischen mehreren Kohlestiften und einem metallenen Wassergefäße erzeugte. Die Überlegenheit des Wasserstoffes im Verhältnisse zur atmosphärischen Luft als Umgebung für den Lichtbogen ist, nach uns von Herrn Poulsen direkt gemachten Mitteilungen, so groß, daß z. B. bei einer Schwingungszahl von 200.000—300.000 in der Sekunde zwölf Lichtbögen in Luft in Reihe gesetzt werden müssen, um auch nur ein Zehntel der Schwingungsintensität zu erzeugen, welche ein einziger Lichtbogen im Wasserstoffe leistet, bei dem man einige Millionen Schwingungen erzielen kann. Sowohl die Einrichtungen von V. Poulsen als auch der Gesellschaft »Telefunken« bedürfen immerhin noch wie bei der drahtlosen Telegraphie auch für die Fernsprecheinrichtungen des Starkstromes, der die Bogenlampe speist, also einer größeren Akkumulatorenbatterie oder Maschinenanlage. Das Ideal der drahtlosen Telephonie müssen jedoch insbesondere für transportable Zwecke möglichst einfache, billige und leichte Apparate sein, ähnlich, wie sie im Fernsprechbetriebe gebraucht werden. Es er-

scheint nicht aussichtslos, auch den Schwachstrom mit Erfolg für diese Zweige nutzbar zu machen, worüber nachstehend näheres mitgeteilt ist.

Drahtlose Telephonie durch die Erde.

Die früheren Bemühungen auf dem Gebiete der drahtlosen Telephonie sind bis in die jüngste Zeit hinein von wenig praktischem Erfolge gewesen. Einen wesentlichen Fortschritt bedeuten die Arbeiten von Poulsen mit ungedämpften elektrischen Wellen. Dieses System bedarf jedoch immerhin noch der Maschinenkraft oder einer schweren Akkumulatorenbatterie, welche schließlich ja auch mit Maschinen geladen werden muß. Die Einrichtungen sind also immerhin noch kostspielig und schwer transportabel. Den größten praktischen Wert wird aber in Zukunft dasjenige System haben, welches mit möglichst einfachen und billigen, leicht transportablen Apparaten, auch unter Aufwendung einer möglichst geringen Energiemenge, auf gewisse Entfernungen brauchbar ist.

Man beobachtete nämlich, daß man in der Mitte einer 40 *km* langen Strecke Gespräche mit dem Telephone auffangen konnte. Man schloß hieraus, daß es auch möglich sein müsse, durch die Erde auch ohne Drahtleitung auf größere Entfernungen zu telephonieren. Langjährige systematische Studien über die Bedingungen und Einrichtungen, unter denen dies thatsächlich möglich ist, führten zur praktischen Verwertung dieser Entdeckung. Verfasser ist zwar mit diesen Arbeiten vollkommen vertraut, kann jedoch mit Rücksicht auf die noch schwebenden Patentanmeldungen keine erschöpfende Darstellung dieser Einrichtungen geben. Jedenfalls dürfte man mit sehr einfachen Mitteln eine sehr vollkommene Übertragung von Lauten auf einige Entfernung erreichen. Dies wurde nur dadurch erzielt,

daß man sich von den bisherigen Anschauungen und Theorien völlig lossagte und eigene Wege gegangen ist. Dieses Prinzip hat auch Verfasser zu mancherlei Aufklärungen über den Magnetismus geführt. Was nützen alle wissenschaftlichen Erklärungen und Rechnungen, wenn sie den Tatsachen nicht wirklich entsprechen. Es bleibt eben auf bisher noch unbekannten Gebieten zunächst nichts anderes als der praktische Versuch übrig. Hat man durch die Praxis die Vorgänge hinreichend festgelegt, dann allerdings muß man auch versuchen, die dabei stattfindenden Vorgänge aufzuklären und wissenschaftlich darzustellen. Aus diesen Aufklärungen erwachsen dann wiederum Vorteile für die Praxis, so daß Theorie und Wirklichkeit einander fördern und stützen. Unsere bisherige Elektrizitätslehre ist jedoch so voller Widersprüche, daß man mit deren Hilfe jedenfalls keine Aufklärung für diese neuen Tatsachen geben kann, es sei denn, daß man eben seinem Verstande Zwang antut und unsere bisherigen Lehren als Dogma hinnimmt. —

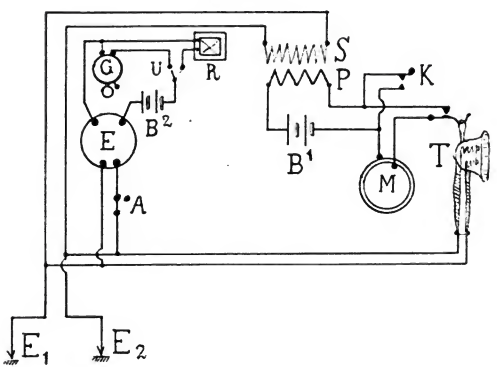
Die Einrichtungen, welche für die verschiedenen Zwecke getroffen wurden, sind sehr vielseitig und allen Verhältnissen angepaßt, so daß wir sie hier nicht alle beschreiben können und auch wegen der noch schwebenden Schutzrechte nicht alle veröffentlichen dürfen. Wir wollen daher nur kurz diejenigen Einrichtungen beschreiben, welche zum Sprechen zwischen zwei festen Landstationen dienen.

Jede Station enthält einen Fernsprechapparat mit besonders wirksamem Mikrophon, dessen Energie verändert werden kann, und sehr empfindliche Telephone, welche auf die geringsten Ströme noch ansprechen. An Stelle der Induktionsspule ist ein besonderes Transformatorensystem eingebaut, dessen primäre Windungen in der üblichen Weise mit dem Mikrophon und der Batterie einen Ortsstromkreis bilden. Die sekundären

Windungen sind in sehr verschiedener und besonderer Weise in den Erdboden geleitet, in welchem sich die elektrischen Wellen fortpflanzen. Sie gelangen nach der Empfangstation und werden durch gleiche Einrichtungen wie auf der Sendestation aufgenommen und den Apparaten zugeführt. Die Übertragung der Sprache ist sehr deutlich und in weiten Grenzen regulierbar. Man kann die Stationen auch aufeinander abstimmen und in gewissen Richtungen sprechen. — Der Anruf geschieht entweder durch ein Relais, welches eine Glocke betätigt oder durch einen akustischen Anrufapparat, welcher das Telephon der Empfangstation zum Tönen bringt. Als Stromquelle dienen Trockenelemente, Erdelemente oder Akkumulatoren. Bei festen Stationen wird man vorteilhaft die Erdelemente zum Laden von Akkumulatoren benützen, wozu ein besonderer Doppelschalter gebraucht wird. Das System gestattet auch die Anwendung der Übertragung durch die Luft wie bei der drahtlosen Telegraphie. Es kann ebensogut auch zwischen Schiffen wie auch von Schiff zu Land gebraucht werden. — Wie groß die Reichweite dieses Systems ist, wurde noch nicht bekannt gegeben, da es aber möglich ist, durch ein besonderes Relais die Worte auf einen weiteren Stromkreis zu übertragen, so dürfte es immerhin geeignet sein, auch auf größere Entfernungen sprechen zu können. Das von Engisch entworfene Schaltungsschema Abb. 77 zeigt, daß man bei diesem Systeme gleichzeitig eventuell auch telegraphieren oder abwechselnd sich durch Sprechen oder Morse-Zeichen verständigen kann. Beim Empfangen gelangen die Wellen aus der Erde E_1 E_2 nach dem Telephon T. Zum Sprechen dienen das Mikrophon M und die Batterie B^1. Die hierbei erzeugten Stromschwankungen gehen durch die primären Windungen P, erzeugen Induktionsströme in S, die nach der Erde gelangen. Zum Anrufen und zum Geben von Morse-

Zeichen dient die Taste *K*. Beim Anruf gelangt der Strom aus der Erde über den Schalter *A* nach dem Relais *E*, die Batterie B^2 setzt die Glocke *G* in Bewegung. Für den Morse-Betrieb dient der Umschalter *U*, welcher die Glocke *G* außer Betrieb setzt und dafür den Morse-Apparat *R* einschaltet. Der Erfinder hat in etwa zwölfjähriger Arbeit die Apparate für die verschiedensten

Abb. 77.

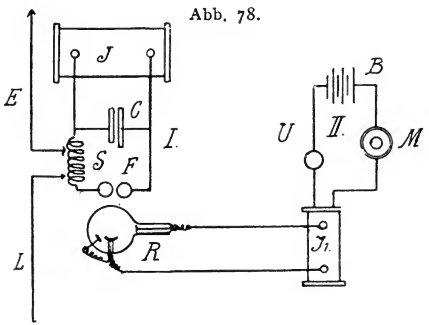


Bedürfnisse ausgebildet und damit wohl ein System geschaffen, dem bis zu einem gewissen Grade die Zukunft gehören dürfte. Es läßt sich heute die Tragweite dieser Erfindung kaum ermessen und auch ein abschließendes Urteil noch nicht gewinnen. Jedenfalls dürfte die Zeit nicht mehr ferne sein, wo jede Infanteriekompagnie solche Apparate mit sich führen dürfte, die von einigen Mann oder Motorrädern transportiert werden können. — Ein anderer Weg für drahtlose Lautübermittlung ist nachstehend kurz angegeben.

Anordnung zur Übertragung von Lauten und Tönen nach Heinicke.

Bei der Anordnung zur Übertragung von Tönen werden die bekannten Eigenschaften der Kathoden- und Röntgenstrahlen benützt, um den Widerstand einer Funkenstrecke oder eines Lichtbogens zu beeinflussen. Je intensiver Kathoden- oder Röntgenstrahlen auf eine Funkenstrecke fallen, um so größer wird der Strom-

Abb. 78.



übergang zwischen der Funkenkugel werden und ebenso wird die Intensität der vom Luftdrahte ausgesandten Schwingungen verstärkt werden. Die Änderung der Intensität der Strahlen wird durch ein in den Primärkreis des die Röntgenlampe erregenden Induktors eingeschaltetes Mikrophon hervorgebracht.

Da die zur Erregung der Lampe primär aufgewendete Energie nur gering ist und auch für die Fernübertragung nicht in Betracht kommt, so kann jedes Starkstrommikrophon zu diesem Zwecke verwendet werden.

In der Abb. 78 ist eine solche Anordnung schematisch dargestellt. Der Kreis *I* zeigt einen gewöhnlichen geschlossenen Schwingungskreis, wie er für die Übertragung von Morse-Zeichen benützt wird. Kreis *II* zeigt die zur Beeinflussung des Schwingungskreises *I* erforderlichen Apparate.

Der Kreis *I* sendet durch den Luftdraht *L* ununterbrochen Schwingungen von bestimmter Frequenz und Intensität aus. Wird nun in das Mikrophon *M*, Kreis *II*, hineingesprochen, so werden die hierdurch hervorgerufenen Stromschwankungen die Röntgen- oder Kathodenlampe mehr oder weniger erregen und infolgedessen den Widerstand der Funkenstrecke oder des Lichtbogens entsprechend ändern. Die Intensität der im geschlossenen Schwingungskreise und im Luftdrahte fließenden Hochfrequenzströme ändert sich entsprechend der Änderung des Widerstandes der Funkenstrecke beziehungsweise des Lichtbogens.

Die von dem Luftdrahte *L* ausgesandten Schwingungen werden auf der Empfangsstation in bekannter Weise mittels des Telephonhörers aufgenommen.

6. Einige wichtige Patente.

Amerikanische Patente.

363.185 17. Mai 1887. Elihu Thomson, Wechselstrommotor zur Erzeugung schneller Wechsel.

666.675 29. Januar 1901. G. L. Hogan, Drahtlose Telephonie.

R. A. Fessenden:

706.735 15. Dezember 1899. Drahtlose Telegraphie zur Erzeugung von Bewegung auf der Empfangsstation.

706.736 15. Dezember 1899. Apparat für drahtlose Telegraphie zur Erzeugung von direkt oder indirekt wahrnehmbarer Bewegung.

706.737 29. Mai 1901. Drahtlose Telegraphie mit Zweimillionenfrequenz pro Sekunde und neuem Sender und Empfänger.

706.740 29. September 1901. Drahtlose Signalisierung mit Wellen verschiedenen Charakters.

706.741 5. November 1901. Apparat für drahtlose Telegraphie zur Erhaltung eines gewissen Verhältnisses zwischen Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität.

70.642 6. Juni 1902. Drahtlose Signalisierung mit Code-Telegrammen durch Gleichstrom- oder Wechselstrom-Dynamo.

706.747 22. Juni 1902. Apparat zum Signalisieren vermittels elektromagnetischer Wellen, die durch Schallwellen verändert werden.

730.753 9. April 1903. Signalisieren vermittels elektromagnetischer Wellen für Telegraphie und Telephonie (s. a. U. S. A. Pat. Nr. 727.325).

793.649 30. März 1905. Signalisieren mit elektromagnetischen Wellen vermittels deren Veränderung durch Schallwellen.

777.216 24. November 1902. Siegmund Musits, Apparat für drahtlose Telephonie mit zwei Erdelektroden.

706.500 25. Oktober 1901. Harry Shoemaker, Empfänger für drahtlose Telegraphie, durch statische Induktion betrieben.

Britische Patente.

4.527, 1900. 14.219, 1901. 18.217, 1894.

Schweizer Patent.

25.822 Kl. 21. Erdelemente zur drahtlosen Telephonie.

MIGU

Deutsche Patente.

47.349 Kl. 21. 19. März 1878. E. Holdinghausen, Widerstandsänderung im Tropfen einer Flüssigkeit.

11.617 Kl. 21. W. Klinkerfues, Quecksilberkontakt als variabler Widerstand für Telephonie.

85.717 Kl. 21. Ch. A. Randall, Mikrophon mit mehrfachen Kontakten.

7. Literatur.

G. Berndt, Drahtlose Telephonie. »Das Weltall«, Heft 18, 15. Juni 1906.

W. Grosse, Der Äther und die Fernkräfte.

W. Grosse, Ionen und Elektronen.

O. Lodge, Elektronen oder die Natur und die Eigenschaft der negativen Elektrizität.

Mazzotto, Drahtlose Telegraphie und Telephonie.

E. Ruhmer, Drahtlose Telephonie.[1])

[1]) Die letzten Werke konnten, weil erst kürzlich erschienen, nicht mehr berücksichtigt werden.

Schluß.

Die drahtlose Telegraphie hat sich für den Schiffsverkehr bereits als ein unentbehrliches Hilfsmittel erwiesen. Der deutsche Kreuzer »München« empfing 1906 von der großen Station Norddeich Zeichen bis 1200 *km* Entfernung. Die Passagierdampfer deutscher Gesellschaften erhielten von der Station Nauen bei Berlin Nachrichten bis auf 2450 *km* und der geschützte Kreuzer »Vineta« unternimmt jetzt Versuche bis auf 3000 *km*.

Zurzeit sind 13 deutsche funkentelegraphische Stationen in Betrieb, davon zehn an der Nordsee: Brunsbüttelkoog, Cuxhaven, Helgoland, Außenjade-Feuerschiff, Borkum, Borkumriff-Feuerschiff, Norddeich, Feuerschiff Elbe I, Weser Feuerschiff und Bremerhavener Lloydhalle, von denen sieben Eigentum des Deutschen Reiches sind, die drei zuletzt genannten aber Hamburg, Bremen und dem Norddeutschen Lloyd gehören. Die drei Ostseestationen Bülk, Marienleuchte und Arkona unterstehen der Reichsmarine, die in kurzem auch die bisher von der Verwaltung des Nordostseekanals geleitete Station Brunsbüttelkoog übernimmt. Die Stationen Arkona, Borkum-Leuchtturm und Borkumriff-Feuerschiff, Bülk, Cuxhaven, Helgoland, Marienleuchte und Rixhöft sind bereits seit etwa Jahresfrist dem unbeschränkten

öffentlichen Verkehr eröffnet, indem sie ununterbrochen bei Tag und Nacht Depeschen zwischen dem Reichstelegraphennetze und den mit Funkentelegraphie ausgerüsteten Seeschiffen auswechseln. Diese Küstenstationen haben eine Wellenlänge von 365 *m*, eine Reichweite von Station zu Station von 200 *km* und die Stationen auf den Schiffen bei normaler Witterung eine Reichweite von Schiff zu Schiff auf 120 *km*. Die deutsche Reichsmarine-Verwaltung besitzt außer den genannten zurzeit auch noch eine außereuropäische Küstenstation für Funkentelegraphie in Tsingtau.

Die italienische Regierung hat Pläne ausgearbeitet für die Anlage drahtloser Telegraphenämter, welche über ganz Italien eine Verbindung herzustellen gestatten. Es sollen für diesen Zweck an folgenden Orten Einrichtungen getroffen werden in: Hilano, Torino, Genova, Bologna, Napoli, Palermo und Cagliari. In Frankreich beabsichtigt man an folgenden Orten Stationen zu errichten: Quessant, Marseille, Algier, Toulon, Bizerta und Oran. Kleinere Apparate sollen aufgestellt werden in: Dünkirchen, Cherbourg, Brest, Lorient, Rochefort, Ajaccio, Boulogne, La Coudre, Nizza und Cap Corse.

Die Verbreitung der Funkentelegraphie Mitte 1906 ergibt sich auch aus einer Zusammenstellung von festen Stationen der drei größten Gesellschaften. Die Marconi-Gesellschaft hatte im ganzen 69 Stationen in Betrieb, davon 25 in England und 16 in Italien. Die Gesellschaft »Telefunken« errichtete 107 Stationen, davon 26 in Deutschland und 26 in Nordamerika. Die De Forrest-Gesellschaft errichtete 41 Stationen. Davon 31 Stationen in den Vereinigten Staaten Nordamerikas. Außer diesen 217 Stationen sind noch verschiedene andere von kleineren Gesellschaften hergestellt worden.

Die Zahl der Schiffsstationen ist natürlich noch sehr viel größer. Die Liste der »Telefunkenstationen« bis 1. Oktober 1906 ergibt 401 Stationen auf Kriegs- und Handelsschiffen, hierzu kommen noch 56 transportable Militärstationen. Die festen Land- und Küstenstationen hatte diese Gesellschaft bis zu obigem Datum bis auf 171 vermehrt, so daß im ganzen allein diese eine Gesellschaft 628 Stationen herstellte.

Die drahtlose Telephonie arbeitet nach den Mitteilungen von R. A. Fessenden (Electrical Review, London, vom 15. Februar 1907, pag. 251) mit Sicherheit jetzt auf etwa 16 *km*, man will jedoch jetzt Anlagen auch auf 30 *km* herstellen. Man hat auch Telephongespräche zunächst drahtlos übertragen und durch ein Relais auf Telephonleitungen weitervermittelt. Es konnten auch Gespräche vermittels drahtloser Telephonie durch einen Phonographen registriert werden. Die Benützung von Telephonrelais ist zwar vollkommen gelungen, man konnte die Sprachlaute verstärken, erreichte jedoch damit keine Verbesserung der Artikulation. Die Schwierigkeit der drahtlosen Telephonie liegt natürlich lediglich in der Veränderung der für die Übertragung benützten Energie. Ein gewöhnliches Kohlemikrophon gestattet nur eine Stromstärke von höchstens 0·5 Ampères. Bei besonders eingerichteten Kohlekontakten kann man auch bis etwa 2·5 Ampères gehen, während mehrfache Kohlekontakte eine Stromstärke bis zu 10 Ampères gestatten. Will man über diese Stromstärke hinausgehen, so kann man eine Anzahl von Telephonrelais in Reihe schalten, die zusammen durch ein einziges Mikrophon betätigt werden. Wie weit man hierbei die Stromstärke steigern kann, ist noch nicht bekannt. Es gibt noch verschiedene andere Möglichkeiten, durch das Mikrophon elektrische Wellen zu beeinflussen und man kann zurzeit noch nicht sagen, auf welche Entfernung man die drahtlose

Telephonie wird benützen können, jedenfalls ist es zurzeit schon möglich, durch die Luft auf etwa 160 *km* zu sprechen, sobald man Luftleiter genügender Kapazität und etwa 40 *m* Höhe anwendet.

* * *

Die Zukunft der drahtlosen Telephonie.

Für den Verkehr in Städten und zwischen nahe gelegenen Ortschaften werden die bisherigen Telephoneinrichtungen mit Drahtleitungen wohl stets bestehen bleiben, da das heutige Zentralsystem für diese Zwecke das Einfachste und Sicherste sein dürfte. Es gibt jedoch zahlreiche Gelegenheiten, für welche die drahtlose Telephonie von großem Werte sein wird. Dies gilt z. B. für Kolonien, Landwirtschaft, Kriegszwecke, Schiffsverkehr und den telephonischen Fernverkehr, bei dem die teuren Leitungsanlagen fortfallen. In Amerika kostet z. B. die englische Meile (1·6 *km*) Telephonfernleitung zirka 3000 Mark, so daß eine Anlage auf 1000 englische Meilen oder 1600 *km* etwa 3 Millionen Mark kostet. Wenn für diese großen Entfernungen die drahtlosen Telephonstationen selbst sehr teuer zu stehen kämen, so werden sie immer noch billiger sein als die Leitungsanlagen bei den bisherigen Einrichtungen. —

Jedenfalls gehen wir im Vermitteln von Nachrichten großen Umwälzungen entgegen. Die Zeit der knallenden Funkentelegraphie ist bald vorüber, der Zukunft gehört die Telegraphie und Telephonie vermittels geräuschloser Schwingungen und damit hat nach nur kurzem, aber hervorragendem Erfolge die Funkentelegraphie ihr Dasein beendet. Ein Teil der bisherigen

Apparate und Einrichtungen wird zwar beibehalten werden, aber es müssen doch viele Änderungen zufolge der durchgreifenden Fortschritte eintreten. — Auf diese Umwälzungen vorzubereiten, ist Zweck dieses Buches. Möge ihm eine freundliche Aufnahme beschieden sein.

Anhang.

1. Dielektrizitätskonstanten.[1])

Material	$\frac{\varepsilon^{1})}{\varepsilon_0}$	ε in C. G. S.-Einheiten
Glas	4—10	$3{\cdot}5—8{\cdot}8 \cdot 10^{-22}$
Glimmer und Micanit .	4—8	$3{\cdot}5—7{\cdot}1 \cdot 10^{-22}$
Hartgummi	2—3	$1{\cdot}8—2{\cdot}7 \cdot 10^{-22}$
Paraffin	1·7—2·3	$1{\cdot}5—2 \cdot 10^{-22}$
Porzellan	4·4	—
Schwefel	2—4	$1{\cdot}8—3{\cdot}5 \cdot 10^{-22}$
Wasser	81	$72 \cdot 10^{-22}$
Äthylalkohol	25	$22 \cdot 10^{-22}$
Methylalkohol	33	$29 \cdot 10^{-22}$
Petroleum	2·2	$1{\cdot}9 \cdot 10^{-22}$
Luft und andere Gase .	1	$0{\cdot}88 \cdot 10^{-22}$

2. Formeln für Kapazitäten.[2])

1. Kondensator aus ebenen Platten (ohne Rücksicht auf die Streuung an den Rändern).

[1]) F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 9. Aufl., S. 597

[2]) J. Zenneck, Elektromagnetische Schwingungen. 1905. S. 999.

$$C = \frac{\varepsilon S}{a} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \cdot \frac{S}{a} \cdot \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-22} \text{ C. G. S.} =$$

$$= \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \cdot \frac{S}{a} \cdot 0{\cdot}88 \cdot 10^{-22} \text{ C. G. S.}$$

(S = Fläche der Platten, a = ihr Abstand, ε die Dielektrizitätskonstante zwischen den Platten.) Voraussetzung: a klein gegen die Dimensionen von S.

2. Kondensator aus kreisförmigen Platten mit Berücksichtigung der Strömung an den Rändern.

$$C = \varepsilon \left\{ \frac{\pi r^2}{a} + r \left[\log \text{nat} \frac{16\pi r(a+d)}{a^2} - 1 + \frac{d}{a} \log \text{nat} \right.\right.$$

$$\left.\left. \frac{a+d}{d} \right]\right\} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \left\{ \frac{r^2}{a} + \frac{r}{\pi} \left[\log \text{nat} \frac{16\pi r(a+d)}{a^2} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - 1 + \frac{d}{a} \log \text{nat} \frac{a+d}{d} \right]\right\} \frac{1}{36} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S.}$$

(r = Radius, d = Dicke, a = Abstand der Platten, ε = Dielektrizitätskonstante zwischen den Platten.) Voraussetzung: a und d klein gegen r.

3. Kugel. Für eine Kugel vom Radius r, die sich in einem homogenen Medium von der Dielektrizitätskonstante ε allein befindet, gilt:

$$C = 4\pi\varepsilon \cdot r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \cdot \frac{r}{9} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S. in Luft} =$$

$$= \frac{r}{9} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S.}$$

4. Kreisscheibe allein in einem homogenen Medium von der Dielektrizitätskonstante ε:

$$C = 4\pi\varepsilon \cdot \frac{2R}{\pi} \left(1 + \frac{1}{\pi} \frac{d}{R}\right) =$$

$$= \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \cdot \frac{2R}{\pi}\left(1 + \frac{1}{\pi}\frac{d}{R}\right) \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-20}\ \text{C. G. S.},$$

$$\text{in Luft} = \frac{2R}{\pi}\left(1 + \frac{1}{\pi}\frac{d}{R}\right) \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-20}\ \text{C. G. S.}$$

Voraussetzung: Dicke der Scheibe d klein gegen ihren Radius R.

5. Konzentrisches Kabel. Das innere Kabel habe den Radius r_1, das äußere r_2. Dielektrizitätskonstante des Materials zwischen beiden ε. Dann gilt für ein Stück von der Länge l

$$c = \frac{l \cdot 2\pi\varepsilon}{\log\text{nat}\frac{r_2}{r_1}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \frac{l}{\log\text{nat}\frac{r_2}{r_1}} \cdot \frac{1}{18} \cdot 10^{-20}\ \text{C. G. S.}$$

6. Doppelkabel. Radius der beiden Kabel = r, Abstand ihrer Achsen = d, Dielektrizitätskonstante des unendlich ausgedehnt gedachten Mediums, in dem sie sich befinden = ε. Für ein Stück von der Länge l ist

$$C = \frac{l \cdot 2\pi\varepsilon}{\log\ \text{nat}\frac{d + \sqrt{d^2 - 4r^2}}{d - \sqrt{d^2 - 4r^2}}} =$$

$$= \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \frac{l}{\log\ \text{nat}\frac{d + \sqrt{d^2 - 4r^2}}{d - \sqrt{d^2 - 4r^2}}} \cdot \frac{1}{18} \cdot 10^{-20}\ \text{C. G. S.}$$

7. Zwei parallele Drähte. Voraussetzung: Abstand a groß gegen ihren Radius r. Für ein Stück von der Länge l der als unendlich lang gedachten Drähte gilt:

$$C = \frac{\pi\varepsilon l}{\log\ \text{nat}\frac{a}{r}}$$

(ε = Dielektrizitätskonstante des Mediums.)
Demnach pro Längeneinheit

$$c^{(1)} = \frac{\pi \varepsilon}{\log \text{nat} \frac{a}{r}} = \frac{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}}{36 \log \text{nat} \frac{a}{r}} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S.}$$

8. Gerader Draht, allein in einem homogenen Medium (ε) vorhanden. Wenn es sich um Schwingungen handelt, kann die folgende Beziehung für die Kapazität pro Längeneinheit verwendet werden:

$$c^{(1)} = \frac{2\pi\varepsilon}{\log \text{nat} \frac{l}{r}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \frac{1}{2 \log \text{nat} \frac{l}{r}} \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S.} =$$

$$= \frac{1}{2 \log \text{nat} \frac{l}{r}} \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S. in Luft.}$$

(ε = Dielektrizitätskonstante des Mediums, l = Länge, r = Radius des Drahtes.)

9. Vertikaler Draht, unten geerdet. Kapazität pro Längeneinheit bei Schwingungen:

$$c^{(1)} = \frac{2\pi\varepsilon}{\log \text{nat} \frac{2l}{r}} = \frac{1}{2 \log \text{nat} \frac{2l}{r}} \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-20} \text{ C. G. S. in Luft.}$$

(l, r, ε wie in 8.)

3. Formeln für Selbstinduktionskoeffizienten.

1. Kreis.

$$L = \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 4\pi R \left[\log \text{nat} \left(\frac{8R}{r} \right) - 2 \right] =$$

$$= 4\pi R \left[\log \text{nat} \left(\frac{8R}{r} \right) - 2 \right] \text{. C. G. S. in Luft.}$$

(R = Kreisradius, r = Drahtradius, μ = Permeabilität des Mediums.)

2. Rechteck.[1])

$$L = \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 4 \left\{ a \log \text{nat} \frac{2ab}{r(a + \sqrt{a^2+b^2})} + \right.$$

$$\left. + b \log \text{nat} \frac{2ab}{r(b + \sqrt{a^2+b^2})} + 2(\sqrt{a^2+b^2} - a - b) \right\} =$$

$$= 4 \left\{ a \log \text{nat} \frac{2ab}{r(a + \sqrt{a^2+b^2})} + \right.$$

$$+ b \log \text{nat} \frac{2ab}{r(b + \sqrt{a^2+b^2})} +$$

$$\left. + 2(\sqrt{a^2+b^2} - a - b) \right\} \text{C. G. S. in Luft.}$$

(a, b = Länge der beiden Seiten, μ, r vgl. 1.)

Wenn die Seite b viel kürzer ist als a, so kann dies annähernd ersetzt werden durch

$$L = 4(a + b) \cdot \left\{ \log \text{nat} \frac{b}{r} - 1{\cdot}31 \frac{b}{a} + \right.$$

$$\left. + 1{\cdot}06 \left(\frac{b}{a}\right)^2 \right\} \text{C. G. S. in Luft.}$$

3. Quadrat. Aus 2 folgt für ein Quadrat von der Seitenlänge a (in Luft):

$$L = 8a \left[\log \text{nat} \frac{a}{r} - 0{\cdot}7740 \right] \text{C. G. S.}$$

4. Zwei parallele Drähte. (Abstand a groß gegen Drahtradius r; μ vgl. 1.) Selbstinduktionskoeffizient pro Längeneinheit.

[1]) Vgl. M. Wien, Wied. Ann. 53, 935, 1894. — P. Drude, Ann. der Phys. 9, 593, 1902.

$$L = \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 4 \log \text{nat} \frac{a-r}{r} =$$

$$= \text{annähernd} \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 4 \log \text{nat} \frac{a}{r} = 4 \log \text{nat} \frac{a-r}{r} =$$

$$= \text{annähernd } 4 \log \text{nat} \frac{a}{r} \text{ C. G. S. in Luft.}$$

5. Gerader Draht. (1) Aus der Neumannschen Formel folgt:

$$L = \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 2l \left[\log \text{nat} \frac{2l}{r} - 1 \right]$$

(2) Bei Schwingungen darf[1]) als Selbstinduktionskoeffizient eines geraden isolierten Drahtes pro Längeneinheit betrachtet werden:

$$L^{(1)} = \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 2 \log \text{nat} \frac{l}{r} = 2 \log \text{nat} \frac{l}{r} \text{ . C. G. S. in Luft.}$$

(3) Ebenso für einen vertikalen, einseitig geerdeten Draht[1]):

$$L^{(1)} = \frac{\mu}{4\pi v^2} \cdot 2 \log \text{nat} \frac{2l}{r} = 2 \log \text{nat} \frac{2l}{r} \text{ . C. G. S. in Luft.}$$

6. Spulen.[2]) Es bezeichne h die Höhe der Spule (d. h. Länge ihrer Achse), g Ganghöhe, N Windungszahl, r Radius einer Windung, δ Durchmesser des Drahtes, l Länge desselben. Dann gilt für Spulen von höchstens 10 Windungen bei schnellen Schwingungen:

---

[1]) Abraham, Ann. der Phys. 66, 447, 1898. Phys. Zeitschr. 5, 178, 1904.

[2]) Drude, Ann. der Phys. 9, 593, 1902.

$$L = 2\,N\,l\left\{\left(1+\frac{h^2}{32\,r^2}\right)\log\text{nat}\,\frac{8\,r}{\sqrt{h^2+\delta^2}}-\right.$$

$$\left.-y_1+\frac{h^2}{16\,r^2}\cdot y_2\right\}+\log\text{nat}\,g/\delta-\triangle\,.\,C.\,G.\,S.$$

Darin ist y_1 und y_2 für die verschiedenen Werte von δ/h und $\triangle$ für die verschiedenen Werte von N und g/δ aus den folgenden Tabellen zu entnehmen.

δ/h	y_1	y_2	δ/h	y_1	y_2
0·00	0·500	0·13	0·55	0·808	0·34
0·05	0·549	0·13	0·60	0·818	0·38
0·10	0·592	0·13	0·65	0·826	0·43
0·15	0·631	0·14	0·70	0·833	0·47
0·20	0·665	0·15	0·75	0·838	0·52
0·25	0·695	0·17	0·80	0·842	0·58
0·30	0·722	0·19	0·85	0·845	0·63
0·35	0·745	0·22	0·90	0·847	0·69
0·40	0·765	0·24	0·95	0·848	0·75
0·45	0·782	0·27	1·00	0·848	0·82
0·50	0·796	0·31	—	—	—

Werte von $\triangle$.

N	g/δ			
	1·2	2	3·5—5	11
2	1·30	1·54	1·80	1·96
3	1·29	1·50	1·78	—
4	—	1·43	1·74	—
5	—	1·38	1·61	—
6	—	1·32	1·50	—
7	—	1·29	1·40	—
8	—	1·28	1·35	—
9	—	1·27	1·32	—
10	—	1·26	1·30	—

Selbstinduktionskoeffizienten

eines Rechteckes von 40 *cm* Breite und 2·25 *mm* Drahtradius bei verschiedenen Längen.

dm	*cm* 0	*cm* 1	*cm* 2	*cm* 3	*cm* 4	*cm* 5	*cm* 6	*cm* 7	*cm* 8	*cm* 9
0	—	—	—	—	—	531·4	566·0	600·6	635·1	669·7
1	704·3	731·4	758·5	785·7	812·8	839·9	864·4	889·0	913·5	938·1
2	962·6	985·9	1009·2	1032	1056	1079	1101	1124	1146	1169
3	1191	1203	1235	1257	1279	1301	1323	1345	1366	1388
4	1410	1432	1453	1475	1496	1518	1539	1561	1582	1604
5	1625	1646	1667	1689	1710	1731	1752	1773	1795	1816
6	1837	1858	1879	1900	1921	1942	1963	1984	2005	2026
7	2048	2069	2090	2111	2132	2153	2174	2195	2216	2237
8	2258	2279	2300	2321	2342	2363	2383	2404	2425	2446
9	2467	2488	2509	2530	2551	2572	2592	2613	2634	2655
10	2676	2697	2718	2739	2759	2780	2801	2822	2843	2864
11	2885	2905	2926	2947	2968	2989	3010	3030	3051	3072
12	3093	3114	3135	3156	3176	3197	3218	3239	3260	3281
13	3302	3322	3343	3364	3385	3406	3427	3447	3468	3489
14	3510	3531	3552	3572	3593	3614	3635	3655	3676	3697
15	3718	3738	3759	3780	3801	3821	3842	3863	3884	3904
16	3925	3946	3967	3987	4008	4029	4050	4071	4091	4112
17	4133	4154	4175	4195	4216	4237	4258	4279	4299	4320
18	4341	4362	4383	4403	4424	4445	4466	4486	4507	4528
19	4549	4569	4590	4611	4632	4652	4673	4694	4715	4735
20	4756	—	—	—	—	—	—	—	—	—

a = Breite, b = Länge, r = Drahtradius in Zentimeter. Beispiel: 1453 ist der Selbstinduktionskoeffizient bei einer Länge von 4 *dm* + 2 *cm* = 42 *cm*. Siehe S. 1000 in dem Werke von Dr. J. Zenneck

Selbstinduktionskoeffizienten von Drahtkreisen.

r	R 2·5	R 5	R 7·5	R 10	R 12·5	R 15	R 17·5	R 20	R 22·5	R 25
0·05	125·4	294·3	479·7	675·8	879·8	1090	1305	1526	1750	1977
0·1	103·6	250·8	414·4	588·7	770·9	959·5	1053	1352	1554	1760
0·15	90·9	225·3	376·2	537·7	707·2	883·0	1064	1250	1439	1632
0·2	81·8	207·2	349·1	502·6	662	828·8	1001	1177	1358	1542
0·25	74·8	193·2	328	473·5	627	786·7	951·8	1121	1295	1472
0·3	69·1	181·8	310·9	450·6	598·3	752·4	911·7	1075	1243	1414
0·35	64·3	172·1	296·3	431·3	574·1	723·3	877·8	1037	1200	1366
0·4	60·1	163·7	283·7	414·5	553·2	698·1	848·4	1003	1162	1324
0·45	56·4	156·3	272·6	399·7	534·6	675·9	822·5	973·6	1128	1287
0·5	53·1	149·7	262·7	386·4	518·1	656·1	799·3	947·1	1099	1254

R = Radius des Kreises, r = Radius des Drahtes in Zentimeter.

Selbstinduktionskoeffizienten von Quadraten.

r	a 10	a 15	a 20	a 25	a 30	a 35	a 40	a 45	a 50
0·05	361·9	591·6	834·8	1088	1349	1618	1891	2170	2454
0·1	306·5	508·4	723·6	949·5	1183	1423	1670	1921	2176
0·15	274·1	459·7	659·0	868·4	1086	1310	1540	1775	2014
0·2	251	425·2	613·0	810·9	1017	1229	1448	1671	1899
0·25	233·2	398·4	577·3	764·2	963·3	1167	1376	1591	1810
0·3	218·6	376·5	548·1	729·8	919·4	1116	1318	1525	1737
0·35	206·3	358·1	523·4	698·9	882·5	1071	1269	1470	1675
0·4	195·6	342	502·1	672·2	850·4	1035	1226	1422	1622
0·45	186·5	327·9	483·2	648·7	822·2	1002	1188	1379	1575
0·5	177·7	315·2	466·4	627·6	796·9	972·8	1155	1341	1528

a = Seite des Quadrates, r = Drahtradius in Zentimeter. Siehe S. 999 Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie von Dr. J. Zenneck.

4. Wechselzahl n (pro Sekunde) und Wellenlänge λ (in Luft).

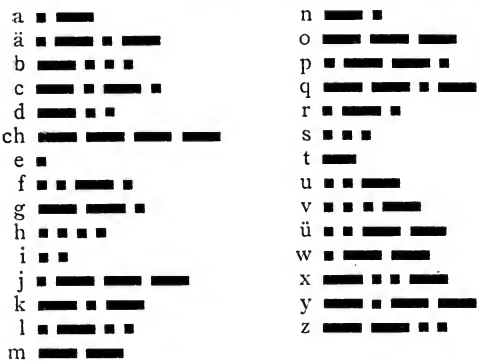
Formel: $\lambda = \frac{6 \cdot 10^{10}}{n}$ *cm*.

n	λ	Bemerkungen	n	λ	Bemerkungen
10^5	6000 *m*		4	1·5 *cm*	
2	3000 »		5	1·2 »	
3	2000 »		6	1 »	
4	1500 »		7	0·86 *cm*	
5	1200 »		8	0·75 »	
6	1000 »	Schnellste, bisher erreichte ungedämpfte Schwingung	9	0·67 »	
7	857 »		10^{11}	6 *mm*	Schnellste bis jetzt hergestellte elektrische Schwingungen
8	750 »		2	3 »	
9	667 »		3	2 »	
10^6	600 »	Schwingungen der drahtlosen Telegraphie	4	1·5 *mm*	
2	300 »		5	1·2 »	
3	200 »		6	1 »	
4	150 »		7	0·86 »	
5	120 »		8	0·75 »	
6	100 »		9	0·67 »	
7	85·7 *m*		10^{12}	0·6 »	
8	75 »		2	0·3 »	
9	66·7 »		3	0·2 »	
10^7	60 »		4	0·15 »	
2	30 »		5	0·12 »	

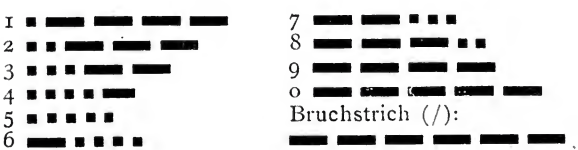
3	20 »		6	0·1 »		
4	15 »		7	0·086 *mm*		
5	12 »		8	0·075 »		
6	10 »		9	0·067 »		
7	8·6 »		10^{13}	$60 . 10^{-3}$ *mm*		Längste bis jetzt nachgewiesene Wärmestrahlen ($\lambda = 61 \cdot 1$) [1]
8	7·5 »		2	30 »		
9	6·7 »		3	20 »		
10^{3}	6 »		4	15 »		
2	3 »		5	12 »		
3	2 »		6	10 »		
4	1·5 »		7	8·6 »		
5	1·2 »		8	7·5 »		
6	1 »		9	6·7 »		
7	0·87 *m*		10^{14}	$6 . 10^{-3}$ *mm*		
8	0·75 »		2	3 »		
9	0·67 »		3	2 »		
10^{9}	60 *cm*	Schnellste, von Hertz verwendete Schwingungen	4	1·5 »		Anfang des sichtbaren Lichtes
2	30 »		5	1·2 »		
3	20 »		6	1 »		
4	15 »		7	0·86 »		
5	12 »		8	0·75 »		
6	10 »		9	0·67 »		
7	8·6 *cm*		10^{15}	$0·6 . 10^{-3}$ *mm*		Natriumlicht
8	7·5 »		2	0·3 »		Ende d. sichtbaren Lichtes
9	6·7 »		3	0·2 »		
10^{10}	6 »		4	0·15 »		Ultraviolettes Licht
2	3 »		5	0·12 »		
3	2 »		6	0·1 »		

[1]) Rubens und A. Aschkinaß, Wied. Ann. 67, 459, 1899.

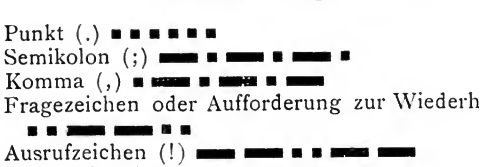
5. Beförderungszeichen.

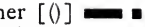


Ziffern.



Unterscheidungszeichen.



Klammer [()]
Verstanden 
Irrung
Schluß
Anruf
Ruhezeichen (darf nur von öffentlichen Küstenstationen gegeben werden)
Wartezeichen
Notzeichen (wird von einem Schiffe in Not so lange wiederholt, bis alle anderen Schiffe ihren Verkehr abgebrochen haben)
Suchzeichen (darf von Schiffen auf hoher See wiederholt mit ihren eigenen Namen, welche dem Zeichen folgen müssen, gegeben werden)

Verzeichnis der Abbildungen.

		Seite
Abb. 1.	Marconis erster Sender und Empfänger	21
» 1 *a*.	Induktor	22
» 1 *b*.	Marconi Induktor	23
» 2 *a*, *b*, *c*.	Wellenkurven	24
» 3.	Poulsens Erreger	34
» 4.	Einfache Marconi-Schaltung	35
» 5.	Braun-Schaltung	37
» 6.	Slaby-Schaltung	37
» 7 *a*.	Telefunkenschaltung für Schiffe	38
» 7 *b*.	Telefunkenschaltung für fahrbare Stationen	38
» 7 *c*.	Telefunkenschaltung einer ganzen Station	40
» 7 *d*.	Geberschaltung der Station Poldhu	42
» 8.	Gebeanordnung nach De Forrest	43
» 9.	Gebeanordnung nach Fessenden	45
» 10.	Gebeanordnung nach Eisenstein	46
» 11.	Gebeanordnung nach Eisenstein	47
» 12.	Wicklung des Heinicke-Transformators	49
» 12 *a*.	Heinicke-Transformator-Schaltung	49
» 12 *b*.	Heinicke-Transformator-Ansicht	50
» 12 *c*.	Veränderlicher Kondensator	51
» 13.	Offene Heinicke-Schaltung	53
» 14—16.	Schwingungskurven des Heinicke-Transformators	53—56
» 17—19.	Geschlossene Heinicke-Schaltungen	57, 58
» 20, 21.	Geberschaltungen Braunerhjelm	61, 62
» 22.	Fritter von Marconi	65
» 22 *a*, *b*.	Fritter von Boas	65
» 23.	Elektrolytempfänger von Schlömilch	66
» 24, 25.	Elektrolytempfänger von Schäfer	68
» 26.	Magnetempfänger von Marconi	69
» 27.	Hörempfänger v. Lepel	70
» 28.	Marconi-Transformator	72
» 29.	Braun-Transformator	75
» 30.	Slaby-Arco-Transformator	76
» 31.	Heinicke-Empfangstransformator	77

		Seite
Abb. 32.	Empfängerschaltung Marconi	79
» 33.	Trichterförmiges Drahtgebilde	102
» 34.	Schirmantenne Nauen	103
» 35.	Mast Nauen	103
» 36.	Mast Fiedler	104
» 37.	Schlepplufleiter für Schiffe von Schäfer	107
» 38.	Konstruktion des Mastes in Nauen	110
» 39.	Schaltungsschema Nauen	115
» 40.	Apparateraum Nauen	117
» 41, 42.	Apparate- und Kraftkarren	119, 120
» 43.	Fahrbare Station in Fahrstellung	120
» 44.	Aufstellung des Mastes	121
» 45.	Tragbare Stationsschaltung »Telefunken«	124
» 46.	Betriebsfertige tragbare Station	126
» 47.	Schaltung der tragbaren Station Heinicke	127
» 48.	Wellenmesser von Drude	132
» 49.	Wellenmesser von Dönitz	133
» 50.	Wellenmesser von Flemming	135
» 51, 52.	Wellenmesser von Eisenstein	137
» 53.	Dämpfungsmesser von »Telefunken«	139
» 54.	Dämpfungsmesser von Drude	141
» 55.	Meßbrücke für kleine Kapazitäten	142
» 56.	Empfängerschaltung Seibt	147
» 57.	Doppelabstimmung Slaby	148
» 58.	Doppelabstimmung Marconi	149
» 59.	Doppelte Geberschaltung von Marconi	150
» 60.	Schaltung für Hörapparat von Schlömilch	160
» 61, 62.	Gerichtete Telegraphie Artom	179
» 63.	Schwingungskurven Artom	181
» 64.	Empfänger für gerichtete Telegraphie Artom	181
» 65—67.	Luftleiter Artom	183, 184
» 68, 69.	Geberschaltung Artom	185
» 70.	Gerichtete Telegraphie »Telefunken«	188
» 71.	Gerichtete Telegraphie Marconi	190
» 72.	Elektrodenanordnung für Lichtbogen Poulsen	193
» 73.	Generator zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen Poulsen	194
» 74.	Sendeanordnung Poulsen	195
» 75, 76.	Empfängerschaltungen nach Poulsen	197
» 77.	Engisch, drahtlose Telephonie	221
» 78.	Heinicke, drahtlose Telephonie	222

Alphabetisches Sachregister.

Abfangen von Telegrammen 173.
Abstimmung 145.
Anderssohn 9.
Apparate und Schaltungen 26.
Apparateunterhaltung 153.
Aristoteles 6.
Äther 5.
Ätherdruck 9.
— Eigenschaften 2, 11, 15.
— Theorien 2—5, 7.
Ätherwellen 10.
Aufstellung von Masten 106.
— — Holzmasten 106.
— — Eisenmasten 108.
Beförderungszeichen 242.
Bewegungen, die elektrischen, auf Leitern 16.
— die Form von 14.
Braun, Geberschaltung 36.
Brückenanordnung zur Messung von Kapazitäten 142.
Cupronelement 27.
Dämpfungsmesser Drude 140.
— »Telefunken« 138.
Doppelii 191.
Duplextelegraphie Slaby 148.
— Marconi 149.
Einrichtungen zum Empfangen 99.
— zum Senden 98.
Einrichtung und Herstellung von Luftleitern 101.
Elektronen 6.
Empfängerschaltung Marconi 78.
Empfangsabstimmspule Slaby-Arco 76.
Empfangsapparat 156.
Empfangseinrichtungen 71.
Empfangstransformator Braun 74.
— Heinicke 77.
— Marconi 71.
Ergebnisse aus Theorie und Praxis 151.
Fernsprechapparate 205.
Fessenden 44, 67, 223.
— Elektrolytempfänger 67.
Forrest, Lee de 42.
— Elektrolytempfänger 67.
Fricke H. 15, 17.
Fritter von Boas 65.
Fritterkreis, Einstellung 158.
Funkenstrecke, die Konstruktion der 32.
Gerichtete Telegraphie Artom 176.
— — Blochmann 174.
— — F. Braun 171.
— — de Forrest 176.
— — Marconi 189.
— — »Telefunken« 187.
Gewichte von fahrbaren Stationen System »Telefunken« 122.
Gravitation 9.
Heinicke Schaltung 53.
— Transformator 49.
Helmholtz 3, 8.
Hertz 1, 2, 15.

Hörempfänger, Einstellung 158.
— v. Lepel 70.
Induktionsapparate und Wellenerreger 30.
Intensitätsregulierung 155.
Kant 9.
Karrenstation »Telefunken« 118.
Klopfer, Einstellung 157.
Kondensator 51.
Kugelversuche Zacharias' 14.
Lichttelephonie Bell 210
— Duddell 211.
— Ruhmer 211.
— Simon 210.
Literatur 6, 31, 88, 143, 225.
Luftleiter von Schäfer 106.
Magnaliummaste 105.
Magnetempfänger Marconi 68.
Magnetismus 18, 19.
Marconi, Geberschaltung 35.
— — geschlossene 41.
Mast, transportabler, von Fiedler 104.
— — »Telefunken« 103.
Maxwell 2, 3, 4.
Mikrophon 208, 217.
Morse-Schreiber, regulierbarer 157.
Morse-Taster 154.
Naturkräfte 19.
Newton 9.
Patente, betreffend:
Dämpfung 144.
Empfangsapparate 84.
Sendeapparate 80.
Telephonie, drahtlose 223.
Poulsen 33, 192.
Reibung 10.
Relais, Einstellung 156.
Resonanz 13.
Ruhmkorff, Induktor 30.
Schäfer Béla, Elektrolytempfänger 67.
Schaltung Braunerhjelm 60.
— Eisenstein 45.
Schaltung von Fessenden 44.
— de Forrest 42.
— Heinicke 53.
Schaltungsschema einer vollständigen Station 40.
Schlömilch, Elektrolytempfänger 66.
Schwere, allgemeine 8.
Selbstinduktionskoeffizienten von Rechtecken 238.
— — Drahtkreisen 239.
— — Quadraten 239.
Slaby, Geberschaltung 37.
Station Nauen 113.
Stationseinrichtungen 98.
Steinheil 204.
Störung benachbarter Stationen 173.
Stromquellen 26.
Systeme und Schaltungen der drahtlosen Telegraphie 35.
Tabellen:
Dielektrizitätskonstanten 231.
Formeln für Kapazitäten 231.
— — Selbstinduktionskoeffizienten 234.
Telefunken, Schaltungen 38.
Telegraphie und Telephonie mittels ungedämpfter Schwingungen 191.
— drahtlose, im Eisenbahnbetriebe 199.
Telephon 205.
Telephonie, drahtlose, Allgemeines 201.
— — Zukunft der 229.
— durch die Erde 218.
— Induktive 212.
Tragbare Station Heinicke 126.
— — »Telefunken« 123.
Turbinenunterbrecher 154.
Turmkonstruktion Nauen 111.
Übertragung von Tönen und Lauten nach Heinicke 222.

Verbreitung der drahtlosen Telegraphie 227.
Verkehrsbestimmungen 160.
Vorkehrungen gegen unbefugtes Abfangen von Telegrammen 174.
Wasserstoffkühlung 34.
Wechselzahlen und Wellenlängen 230.
Wedekind-Element 26, 29.
Wellenempfänger 63.
Wellen, Fortpflanzung der elektrischen 23.
— ungedämpfte elektrische 33.
Wellenmesser Dönitz 132.
— Drude 130.
— Eisenstein 136.
— Flemming 134.
— Slaby 129.
Wellentelegraphie, die Anfänge der elektrischen 20.
Wellentelephonie 213.
Wissenschaft, wahre 8.
Zacharias, Grundlagen 14, 25.
Zukunft der Telephonie 229.
Zusammenarbeiten von Stationen 152.

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06438 6819